

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Porovnání vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení
ocelových halových objektů

Comparison of roof structural systems of steel halls with or without
purlins

Student:

Magdaléna Czerniková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vít Křivý, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Magdaléna Czerniková**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3607R037 Konstrukce staveb

Téma: Porovnání vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení ocelových halových objektů
Comparison of roof structural systems of steel halls with or without purlins

Zásady pro vypracování:

Porovnejte výhody a nevýhody vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení ocelových halových objektů. Zohledněte především statické a ekonomické hledisko. Závěry podpořte vhodnou parametrickou studií provedenou na zastřešení objektu s pravidelným půdorysem.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ČNI, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. ČNI, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. ČNI, 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. ČNI, 2007.
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, 2006.
- [6] ČSN EN 1993-1-3 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-3: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily. ČNI, 2008.
- [7] ECCS No. 88: European Recommendations for the Application of Metal Sheet piling acting as a Diaphragm – Stressed Skin Design. ECCS, 1995.
- [8] Macháček J. et al.: Navrhování ocelových konstrukcí Příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 193-1-8. Navrhování hliníkových konstrukcí Příručka k ČSN EN 1991-1. ČKAIT, 2009. ISBN 978-80-87093-86-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vít Křivý, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Darja Kubečková Skulinová, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 30. 4. 2012

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Anotace

Počet stran: 81

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení ocelových halových objektů. Především je však zaměřena na bezvaznicový systém a vývoj programu pro posuzování těchto systémů. Software byl vytvořen v programu Microsoft Office Excel 2007 a v jeho programovacím jazyce VBA. Software umožňuje provádět posouzení stabilizace tlačенého pásu vazníku s využitím plášťového působení. Jeho výhodou je možnost výstupu ve formě statického posudku, přehledné prostředí pro zadávání vstupních údajů a rychlost výpočtu. Součástí bakalářské práce je zhodnocení statického a ekonomického hlediska při porovnání vaznicového a bezvaznicového systému.

Klíčová slova

Vaznicový systém, bezvaznicový systém, tlačенý pás vazníku, plášťové působení, statický posudek

Annotation

Number of pages: 81

This thesis deals with comparison of roof structural systems of steel halls with or without purlins. Especially it is focused on systems of halls without purlins and development software for the assessment of these systems. Software was produced in Microsoft Office Excel 2007 and its programming language VBA. Software allows making static reports of stabilization pushed upper flange of rafter with using mantle effect. The possibility of output in the form of the static report, clear interface for entering the input data and rate calculation are the advantages of this software. Evaluation of static and economical with comparison of systems of halls with or without purlins is the part of the thesis.

Key words

System with purlins, system without purlins, pushed flange of rafter, mantle effect, static report

Obsah

Seznam použitého značení	9
1 Úvod	14
1.1 Vaznicový a bezvaznicový systém	14
1.2 Stručný popis poškozené konstrukce	15
2 Vaznicový systém	18
2.1 Střešní plášť	18
2.2 Vaznice	19
2.3 Střešní vazníky	19
2.4 Stabilizace vaznic a vazníků	20
3 Bezvaznicový systém	21
3.1 Geometrie trapézového plechu	22
3.2 Materiálové vlastnosti trapézového plechu	22
3.3 Geometrie diafragmat	22
3.4 Podélné spojení plech – plech	24
3.5 Připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku	24
3.6 Výpočet smykové tuhosti	25
3.7 Smyková únosnost stabilizujícího panelu	27
3.8 Posudky na nepřípustné módy porušení	28
3.9 Posudky pro příhradové vazníky	29
4 Program na posouzení bezvaznicových systémů	30
5 Ukázky řešených příkladů	39
5.1 Předpoklady výpočtu	40
5.2 Zadání vstupních údajů pro první příklad	42
5.3 Výstup prvního příkladu	42
5.4 Zadání vstupních údajů pro druhý příklad	48
5.5 Výstup druhého příkladu	48
5.6 Zadání vstupních údajů pro třetí příklad	54
5.7 Výstup třetího příkladu	55
5.8 Porovnání výsledků řešených příkladů	61
6 Návrh vaznicového systému a posouzení horního pásu vazníku	61
6.1 Schéma konstrukce	61
6.2 Zatížení	63
6.3 Střešní plášť	64

6.4 Vaznice	65
6.5 Vazník	67
6.6 Posouzení horního pásu vazníku na vybočení z roviny	70
7 Posouzení horního pásu vazníku u bezvaznicového systému	71
7.1 Zatížení	71
7.2 Vazník	73
7.3 Posouzení horního pásu vazníku na vybočení v rovině	75
8 Porovnání vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení	76
8.1 Statické hledisko	76
8.2 Ekonomické hledisko	76
9 Závěr	77
10 Poděkování	79
11 Seznam použitých pramenů	80
11.1 Literatura	80
11.2 Internetové zdroje	80
11.3 Normy	80

Seznam použitého značení

A	plocha průřezu horního pásu vazníku	$[m^2]$
D_x	podélná desková tuhost stěny (ve směru osy x)	$[kNmm^2/mm]$
D_y	příčná desková tuhost stěny (ve směru osy y)	$[kNmm^2/mm]$
E	modul pružnosti oceli v tahu a tlaku	$[kN/mm^2]$
$F_{1,k}$	síla do vnitřních uzlů vazníku od stálého zatížení	$[kN]$
$F_{2,k}$	síla do krajních uzlů vazníku od stálého zatížení	$[kN]$
$F_{3,k}$	síla do vnitřních uzlů vazníku od zatížení sněhem	$[kN]$
$F_{4,k}$	síla do krajních uzlů vazníku od zatížení sněhem	$[kN]$
$F_{5,k}$	síla do uzlů vazníku od zatížení příčným větrem	$[kN]$
$F_{6,k}$	síla do uzlů vazníku od zatížení příčným větrem	$[kN]$
$F_{7,k}$	síla do uzlů vazníku od zatížení podélným větrem	$[kN]$
$F_{8,k}$	síla do uzlů vazníku od zatížení podélným větrem	$[kN]$
F_p	návrhová únosnost ve smyku pro přípoj plechu k posuzovanému ocelovému prvku	$[kN]$
F_s	návrhová únosnost ve smyku pro podélné spojení plech – plech	$[kN]$
I	moment setrvačnosti jedné vlny trapézového plechu k neutrální ose	$[mm^4]$
I_y	moment setrvačnosti horního pásu vazníku pro vybočení v rovině	$[m^4]$
I_z	moment setrvačnosti horního pásu vazníku pro vybočení z roviny	$[m^4]$
K_1	konstanta (smykové tuhosti) střešního pláště pro kotvení v každé vlně	$[-]$
L	rozpětí vazníku	$[m]$
L_y	vzpěrná délka horního pásu vazníku pro vybočení v rovině	$[m]$
L_z	vzpěrná délka horního pásu vazníku pro vybočení z roviny	$[m]$
M_{Ed}	návrhový ohybový moment na vaznici	$[kNm]$
M_{Rd}	návrhová ohybová únosnost vaznice	$[kNm]$
$N_{b,Rd,1}$	návrhová únosnost pro vybočení horního pásu vazníku z roviny	$[kN]$
$N_{b,Rd,2}$	návrhová únosnost pro vybočení horního pásu vazníku v rovině	$[kN]$
$N_{cr,y}$	pružná kritická síla pro vybočení horního pásu vazníku v rovině	$[kN]$
$N_{cr,z}$	pružná kritická síla pro vybočení horního pásu vazníku z roviny	$[kN]$
N_{Ed}	maximální normálová síla v horním pásu vazníku – bezvaznicový systém	$[kN]$

$N_{Ed,1}$	maximální normálová síla v horním pásu vazníku – vaznicový systém	[kN]
P_{max}	smyková únosnost panelu stabilizujícího vazník	[kN]
S	výsledná smyková tuhost	[kN/mm]
V_g	návrhová hodnota únosnosti diafragmat při globálním smykovém boulení	[kN]
V_l	návrhová hodnota únosnosti diafragmat při lokálním smykovém boulení	[kN]
V_{max}	maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaným nosníkem	[kN]
V_{red}	návrhová hodnota redukované únosnosti diafragmat při kombinaci lokálního a globálního boulení	[kN]
$W_{y,pl}$	plastický modul průřezu	[m ³]
a	šířka smykového panelu kolmo k vlnám	[mm]
a_s	rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech – plech	[mm]
b	délka smykového panelu rovnoběžně s vlnami	[mm]
c	výsledná smyková poddajnost	[mm/kN]
$c_{1.1}$	distorze profilu plechu	[mm/kN]
$c_{1.2}$	smykové přetvoření plechu	[mm/kN]
$c_{2.1}$	deformace spojovacího prostředku zatíženého pouze ve směru vlny	[mm/kN]
$c_{2.2}$	deformace spojovacího prostředku zajišťujícího také spojení dvou profilů (namáhaný ve více směrech)	[mm/kN]
d	rozteč vln trapézového plechu	[mm]
d_{np}	průměr spojovacího prostředku pro přípoj plechu k posuzovanému ocelovému prvku	[mm]
d_{ns}	průměr spojovacího prostředku pro podélné spojení plech – plech	[mm]
f_u	mez pevnosti oceli	[kN/mm ²]
f_y	mez kluzu oceli	[kN/mm ²]
$f_{y,d}$	návrhová hodnota meze kluzu oceli	[kN/mm ²]
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení od střešního pláště	[kN/m ²]
$g_{k,1}$	charakteristická hodnota stálého zatížení na vaznici	[kN/m]
$g_{k,IPE}$	charakteristická hodnota vlastní tíhy vaznice	[kN/m ²]
$g_{k,2}$	charakteristická hodnota stálého zatížení na vazník	[kN/m]

$g_{k,v}$	charakteristická hodnota odhadu vlastní tíhy vazníku	[kN/m]
h	výška vlny trapézového plechu	[mm]
k_r	koeficient dle počtu polí n_r	[-]
l	šířka horní vlny trapézového plechu	[mm]
l_d	šířka dolní vlny trapézového plechu	[mm]
l_v	osová vzdálenost vazníků	[m]
n	počet smykových panelů za sebou	[-]
n_c	počet vln v šířce tabule	[-]
n_f	počet spojovacích prostředků na šířku plechu	[-]
n_l	počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat	[-]
n_r	počet polí	[-]
n_s	počet spojovacích prostředků na délku panelu	[-]
n_{sh}	počet plechových tabulí na šířku smykového panelu	[-]
p	rozteč spojovacích prostředků pro přípoj plechu k posuzovanému ocelovému prvku	[mm]
q	vzájemné působení mezi ztužujícím opláštěním a stabilizovaným prvkem	[kN/mm]
q_{Ed}	návrhová hodnota kombinace zatížení	[kN/m ²]
q_k	charakteristická hodnota kombinace zatížení	[kN/m ²]
q_{Rd}	návrhová hodnota únosnosti trapézového plechu	[kN/m ²]
q_{Rk}	charakteristická hodnota únosnosti trapézového plechu	[kN/m ²]
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na střešní plášť	[kN/m ²]
$s_{k,1}$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na vaznici	[kN/m]
$s_{k,2}$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na vazník	[kN/m]
s_p	smyková poddajnost spojovacího prostředku pro přípoj plechu k posuzovanému ocelovému prvku	[mm/kN]
s_s	smyková poddajnost spojovacího prostředku pro podélné spojení plech – plech	[mm/kN]
t	tloušťka trapézového plechu	[mm]
u	rozvinutá délka jedné vlny trapézového plechu	[mm]
w	skutečný průhyb vaznice	[mm]
w_k	charakteristická hodnota zatížení větrem na vaznici	[kN/m]
$w_{k,1}$	charakteristická hodnota zatížení příčným větrem na vazník	[kN/m]
$w_{k,2}$	charakteristická hodnota zatížení podélným větrem na vazník	[kN/m]

w_k^H	charakteristická hodnota zatížení příčným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_k^I	charakteristická hodnota zatížení příčným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_k^{J+}	charakteristická hodnota zatížení příčným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_k^{J-}	charakteristická hodnota zatížení příčným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_k^F	charakteristická hodnota zatížení podélným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_k^G	charakteristická hodnota zatížení podélným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_k^H	charakteristická hodnota zatížení podélným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_k^I	charakteristická hodnota zatížení podélným větrem na střešní plášť	[kN/m ²]
w_{lim}	maximální dovolený průhyb vaznice	[mm]
w_{sh}	šířka plechové tabule	[mm]
α_5	součinitel dle počtu plechových tabulí n_l	[-]
α_y	součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti b	[-]
α_z	součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c	[-]
β_1	součinitel dle počtu spojů n_f	[-]
β_3	součinitel dle způsobu položení trapézového plechu	[-]
γ_G	dílčí součinitel spolehlivosti pro stálá zatížení	[-]
γ_{M0}	dílčí součinitel spolehlivosti oceli	[-]
γ_Q	dílčí součinitel spolehlivosti pro náhodilá zatížení	[-]
λ_y	štíhlost pro vybočení horního pásu vazníku v rovině	[-]
λ_z	štíhlost pro vybočení horního pásu vazníku z roviny	[-]
$\bar{\lambda}_y$	poměrná štíhlost pro vybočení horního pásu vazníku v rovině	[-]
$\bar{\lambda}_z$	poměrná štíhlost pro vybočení horního pásu vazníku z roviny	[-]
ν	součinitel příčné deformace	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
$\sigma_{cr,y}$	kritické napětí pro vybočení horního pásu vazníku v rovině	[kN/m ²]
$\sigma_{cr,z}$	kritické napětí pro vybočení horního pásu vazníku z roviny	[kN/m ²]
ϕ	sklon vlny trapézového plechu	[°]

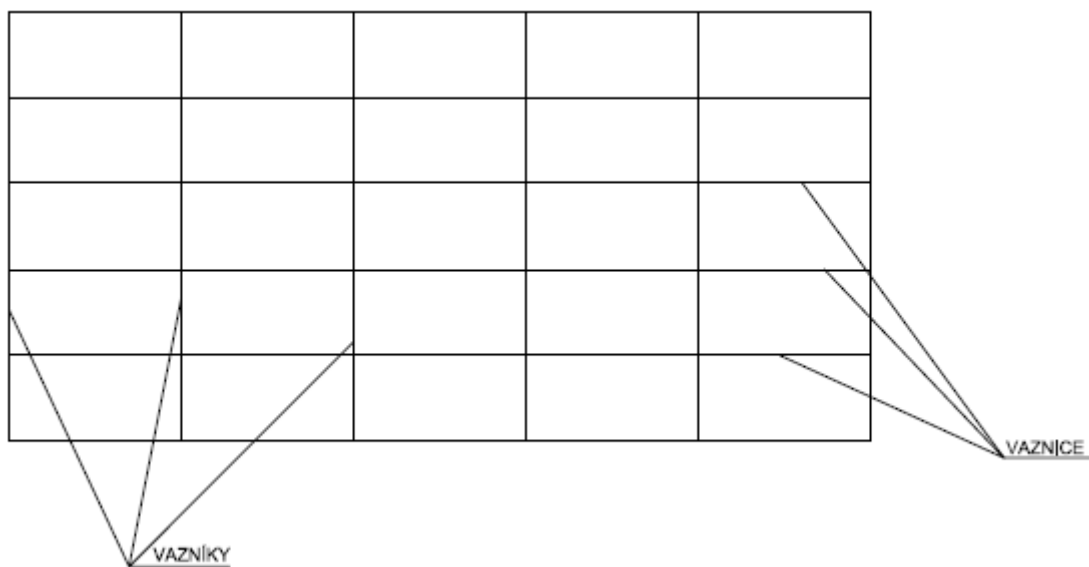
ϕ_y	součinitel pro určení součinitele vzpěrnosti pro vybočení horního pásu vazníku v rovině	[-]
ϕ_z	součinitel pro určení součinitele vzpěrnosti pro vybočení horního pásu vazníku z roviny	[-]
χ_y	součinitel vzpěrnosti pro vybočení horního pásu vazníku v rovině	[-]
χ_z	součinitel vzpěrnosti pro vybočení horního pásu vazníku z roviny	[-]

1 Úvod

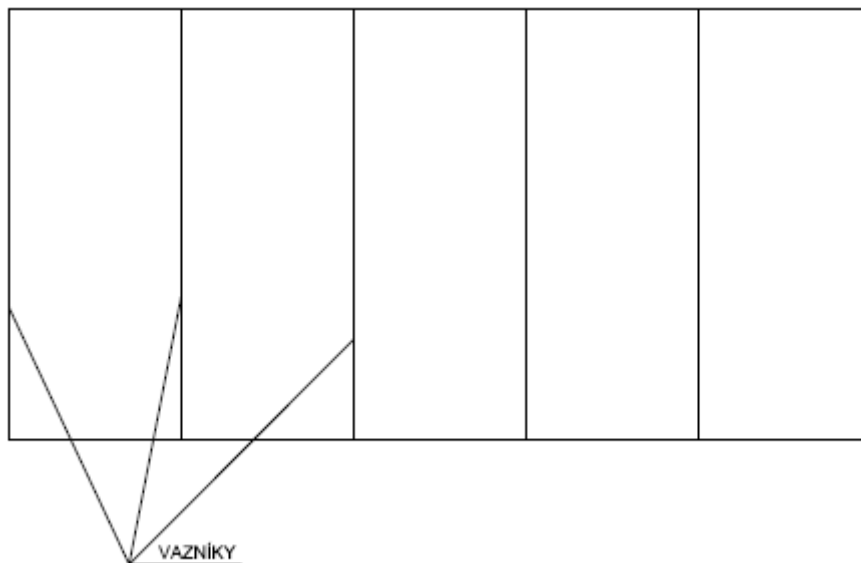
1.1 Vaznicový a bezvaznicový systém

Vaznicový systém zastřešení ocelových halových objektů spočívá v zajištění stability proti vybočení tlačného pásu vazníku z roviny pomocí vaznic uložených kolmo na vazníky (obrázek 1.1). U bezvaznicového systému zastřešení ocelových halových objektů je tato stabilita zajištěna střešním pláštěm uloženým přímo na vaznících (obrázek 1.2).

Použití bezvaznicového systému zastřešení zatím není v České republice běžné, proto je tato práce zaměřena především na tento systém. Téma bakalářské práce bylo inspirováno ocelovou halou postavenou v jižních Čechách, jejíž bezvaznicový systém zastřešení se zřítíl a bylo nutné posoudit, zda byly vazníky dostatečně zabezpečeny trapézovými plechy proti vybočení z roviny.



Obrázek 1.1 - Vaznicový systém



Obrázek 1.2 - Bezvaznicový systém

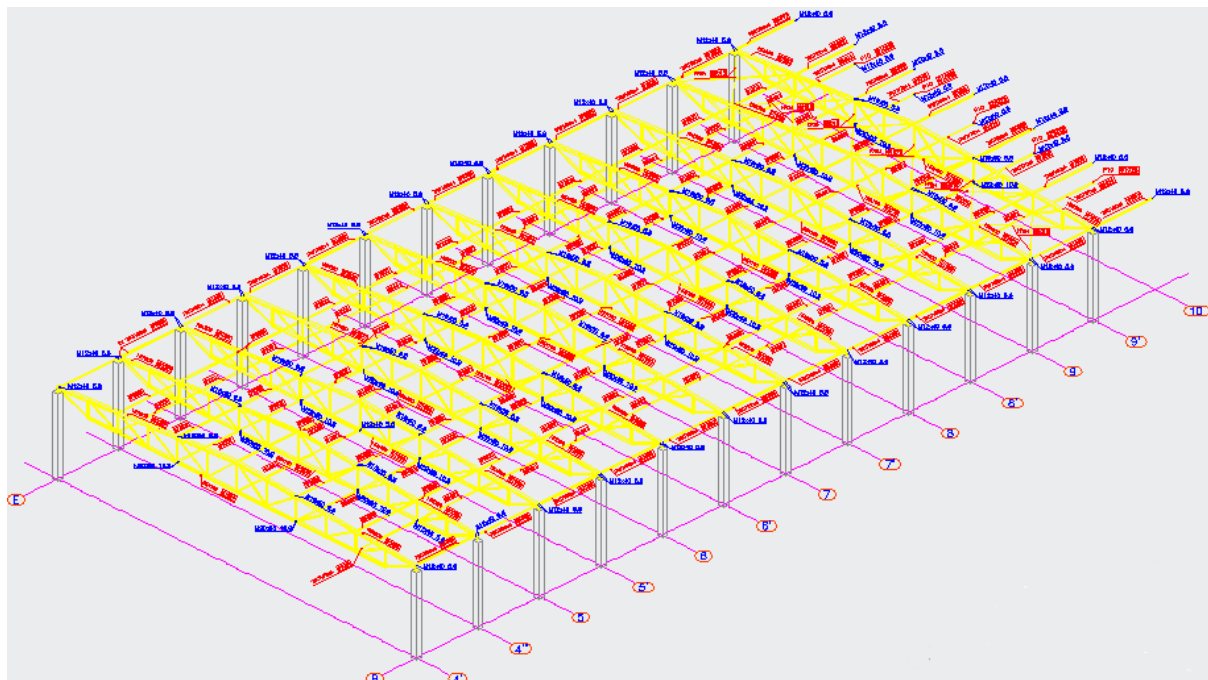
1.2 Stručný popis poškozené konstrukce

Konstrukce zastřešení je tvořena dvanácti sedlovými vazníky umístěnými po 6 m. Rozpětí vazníků je 34,80 m a výška ve středu rozpětí činí 2,37 m. Horní pás příhradových vazníků a krátké sloupky jsou navrženy z profilu HEA 200, u dolního pásu je použito profilu HEA 160. Diagonály a svislice jsou navrženy ze čtvercových trubek. Konstrukce vazníku je z oceli S355, u méně namáhaných prvků vazníku je použito třídy S235. Vazník je uložen na železobetonovou konstrukci a staticky působí jako prostý nosník. Skládá se ze tří montážních dílců, které jsou vzájemně spojeny šroubovanými přírubovými spoji. Dílenské spoje prvků vazníku jsou navrženy jako svařované [2].

Nosnou část střešního pláště tvoří trapézové plechy firmy CB Profil, a.s., CB 160/250/0,75. Tloušťka trapézového plechu v části mezi světlíky je rovna 1,0 mm. Trapézové plechy staticky působí jako spojitý nosník o dvou polích délky 6 m. Části mezi světlíky jsou navrženy jako prosté nosníky na délku 6 m [2].

Horní i dolní pásy vazníků jsou vzájemně rozepřeny pomocí trubkových profilů, tyto profily jsou k vazníku připojeny dvojicí šroubu M12-5.6 namáhaných na smyk. Rozpěrné prvky jsou na jedné straně haly kotveny do železobetonových sloupů štítové stěny, rozpěry horního pásu jsou součástí příčného ztužidla umístěného v krajním poli na druhé straně haly. Rozpěry horních i dolních pásů jsou umístěny v každém druhém styčnicku vazníku, což znamená, že jejich půdorysná vzdálenost je 5800 mm. Diagonály příčného střešního ztužidla tvoří táhla

z kulatiny M24, která jsou opatřena napínákovými maticemi. Na obrázku 1.3 je pohled na konstrukci haly [2].



Obrázek 1.3 - Pohled na konstrukci haly [2]

Posouzení stabilizace tlačného pásu vazníku s využitím plášťového působení pro tuto konstrukci bude uvedeno v kapitole 5 jako ukázkové příklady vytvořeného programu na posuzování stabilizace tlačného pásu vazníku s využitím plášťového působení. Na obrázcích 1.4 – 1.9 jsou fotografie z havárie střechy.



Obrázek 1.4 - Fotografie z havárie střechy [2]



Obrázek 1.5 - Fotografie z havárie střechy [2]



Obrázek 1.6 - Fotografie z havárie střechy [2]



Obrázek 1.7 - Fotografie z havárie střechy [2]



Obrázek 1.8 - Fotografie z havárie střechy [2]



Obrázek 1.9 - Fotografie z havárie střechy [2]

2 Vaznicový systém

Vaznicový systém zastřešení se skládá ze střešního pláště, vaznic a vazníků. Tyto části jsou obecně popsány v podkapitolách 2.1, 2.2 a 2.3.

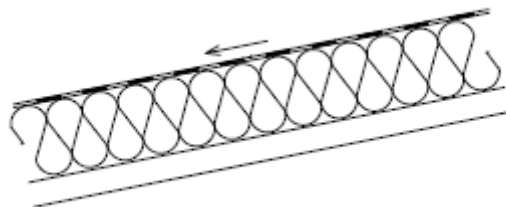
2.1 Střešní plášť

Střešní plášť může být navržen jako jednovrstevná střecha, větraná či nevětraná, nebo střecha dvouvrstevná. Střešní plášť se skládá z vrstev základních a vrstev doplňkových. Základní vrstvy tvoří krytina a nosná vrstva, mezi doplňkové patří vrstva tepelně izolační, podkladní, spádová, parotěsná, ventilační a další [3].

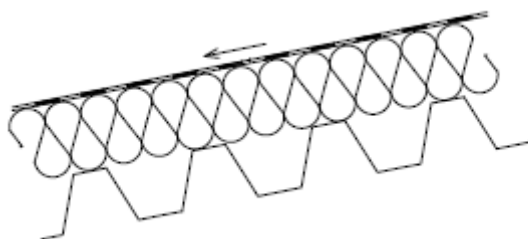
Krytina určuje sklon střechy a někdy může být navržena jako samonosná. Rozděluje se na povlakovou krytinu a skládanou krytinu. Povlaková krytina bývá vytvořena z hydroizolačních povlaků, jako jsou asfaltové pásy, fólie, bezešvé povlaky (emulze, tmely). Skládaná krytina se vytváří z tvarovaných nebo rovinných plošných dílců jako je trapézový plech. Dříve se místo trapézového plechu používal vlnitý plech nebo eternit [3].

Jako doplňkové vrstvy se nejčastěji používají kompletní dílce - sendvičové panely. Nosná vrstva bývá v dnešní době tvořena především trapézovými plechy, používanými rovněž jako součást sendviče, nebo silikátovými deskami. Ty nahrazují dříve používaný vlnitý plech, eternit nebo dřevěné bednění. Nosná vrstva může být také vytvořena prosvětlovacími panely, jako jsou polykarbonátové desky, světlíky, sklo v roštové konstrukci a podobně [3].

Směr uložení trapézového plechu na nosnou střešní konstrukci závisí na tom, zda se jedná o vaznicový či bezvaznicový systém. U vaznicového systému je sklon střechy podél vlnění trapézového plechu (obrázek 2.1), u bezvaznicového systému je sklon střechy kolmo na vlnění trapézového plechu (obrázek 2.2).



Obrázek 2.1 – Vaznicový systém



Obrázek 2.2 – Bezvaznicový systém

2.2 Vaznice

Vaznice jsou nosníky probíhající v podélném směru rovnoběžně s okapem. Jejich hlavní funkcí je podporovat střešní plášť. Podle umístění na střeše lze vaznice rozdělit na běžné (mezilehlé), okapové a hřebenové. Staticky mohou působit jako prostý nosník, spojitý nosník, kloubový nosník nebo jako vaznice vzpěrkové či zavěšené. Podle konstrukčního provedení se vaznice dělí na:

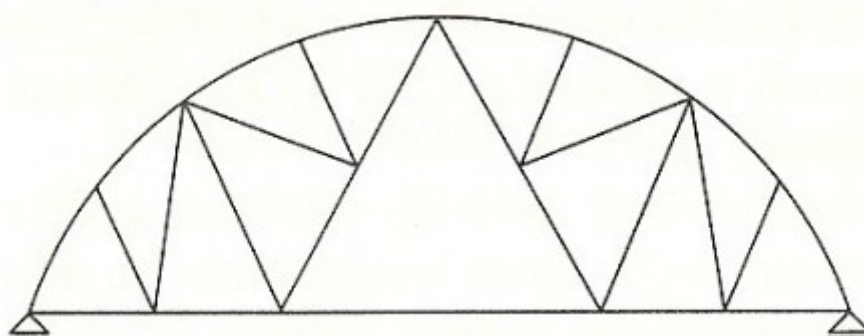
- tenkostěnné
- plnostěnné
- příhradové (přímopásové, s parabolickým dolním pásem)
- prolamované [3].

2.3 Střešní vazníky

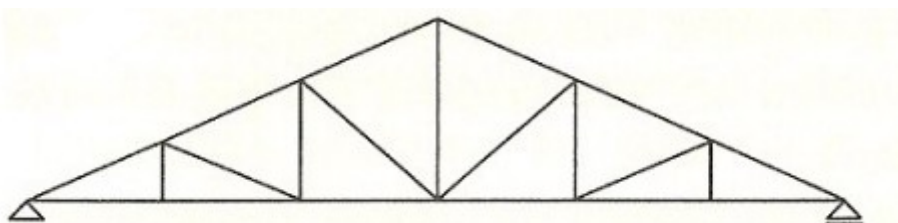
U vaznicových systémů střešní vazníky podporují vaznice, u bezvaznicových podporují přímo střešní plášť. Vazníky se ukládají na sloupy a tvoří tak součást příčné vazby. Uložení může být kloubové nebo se spojí se sloupem tak, že vytváří rámovou příčel. Střešní vazníky mohou být plnostěnné nebo příhradové [3].

Plnostěnné vazníky se navrhují pro rozpětí do 15 až 18 m. Konstrukčně mohou být řešeny jako válcované I profily, prolamované nosníky, svařované nosníky nebo nosníky s vlnitými stojinami. Jejich výhodou je menší pracnost, jsou nižší a elegantnější než vazníky příhradové. Nevýhodou je jejich větší hmotnost oproti příhradovým vazníkům [3].

Příhradové vazníky se navrhují pro rozpětí od 15 m. Používají se různé tvary příhradových vazníků například lichoběžníkové sedlové, lichoběžníkové pultové, s parabolickým dolním pásem a girlandové. Příhradovým vazníkem lze také vytvořit střechy válcové (obrázek 2.3) nebo střechy s velkým sklonem (obrázek 2.4) [3].



Obrázek 2.3 – Příhradový vazník – válcová střecha [3]



Obrázek 2.4 – Příhradový vazník – střecha s velkým sklonem [3]

2.4 Stabilizace vaznic a vazníků

Plnostěnné vaznice jsou obecně namáhány šikmým ohybem a kroucením. Pokud má však střešní plášť velkou ohybovou tuhost, tak lze předpokládat, že nedochází ke ztrátě stability za ohybu od gravitačních zatížení a nedochází ke kroucení (neplatí pro velké sklony). Tenkostěnné vaznice se většinou navrhují podle tabulek výrobců. Horní pás příhradových vaznic je kromě osové síly namáhán ohybovým momentem od mimostýčného zatížení a někdy také excentrického uložení na vazník [4].

Vaznice se navrhují na kombinaci maximálního gravitačního zatížení a na kombinaci minimálního stálého zatížení a maximálního sání větru. Pokud rozhoduje tato druhá kombinace, musí se uvážit ztráta příčné a torzní stability [5].

U plnostěnných vazníků příčnou stabilitu horní pásnice zajišťují vaznice. U spojitých a kloubových nosníků se zajišťuje i tlačená oblast dolní pásnice vzpěrkami k vaznicím. U příhradových vazníků vybočení horního pásu z roviny zajišťují vaznice podle jejich návaznosti na střešní ztužidla v rovině střechy. Tlačený dolní pás (při sání větru) je zajištěn podélnými svislými ztužidly, vzpěrkami k vaznicím a podobně [3].

Pro úhelníkový vazník je vzpěrná délka horního pásu vazníku při vybočení v rovině rovna vzdálenosti uzlů, z roviny je to vzdálenost vaznic. U dolního pásu je vzpěrná délka při vybočení v rovině rovna vzdálenosti uzlů, z roviny vzdálenosti svislého ztužení. Výplňové pruty mají vzpěrnou délku při vybočení v rovině rovnu vzdálenosti těžišť spojů, což je přibližně 0,9 násobek vzdálenosti uzlů. U vybočení z roviny je to pro výplňové pruty vzdálenost uzlů [5].

Pro trubkový vazník jsou vzpěrné délky menší. U horního pásu je to 0,9 násobek vzpěrných délek pro úhelníkový vazník, pro výplňové pruty jsou vzpěrné délky pro vybočení v rovině i z roviny rovny 0,75 násobku vzdálenosti uzlů. Hodnoty pro trubkový vazník předpokládají styčníky s průniky trubek, jinak jsou vzpěrné délky stejné jako pro úhelníkové vazníky [5]. Posouzení horního pásu vazníku na vybočení z roviny pro vaznicový systém bude provedeno v kapitole 6.

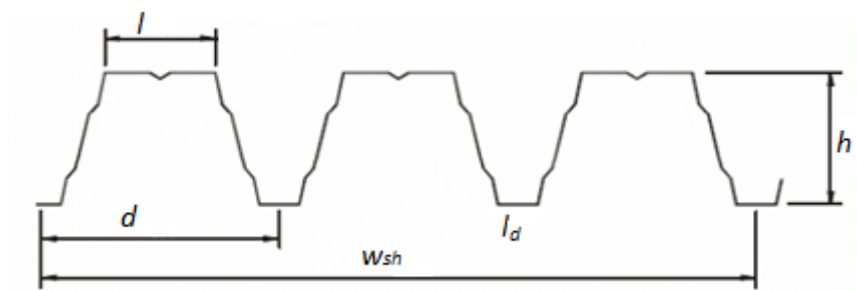
3 Bezvaznicový systém

Bezvaznicový systém zastřešení se skládá ze střešního pláště uloženého přímo na vaznicích a stejně, jako vaznicový, se musí posoudit na účinky zatížení stálého, zatížení sněhem a větrem. Dále je potřeba posoudit, zda horní pás příhradového vazníku je dostatečně stabilizován proti vybočení z roviny pomocí smykového panelu tvořeného z trapézových plechů. Bakalářská práce se zabývá právě touto stabilizací a posouzení je provedeno v souladu se směrnici [1].

Výpočet lze rozdělit do několika částí: volba trapézového plechu a jeho geometrie, materiálové vlastnosti trapézového plechu, geometrie diafragmat, podélné spojení plech-plech, připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku, výpočet smykové tuhosti, smyková únosnost stabilizujícího panelu, posudky na nepřípustné módy porušení a posudky pro příhradové vazníky.

3.1 Geometrie trapézového plechu

Po zvolení profilu trapézového plechu se určí jeho poloha, výška vlny h , rozteč vln d , šířka horní vlny l , šířka dolní vlny l_d , tloušťka trapézového plechu t , šířka plechové tabule w_{sh} , počet vln v šířce tabule n_c a sklon vlny ϕ (obrázek 3.1).



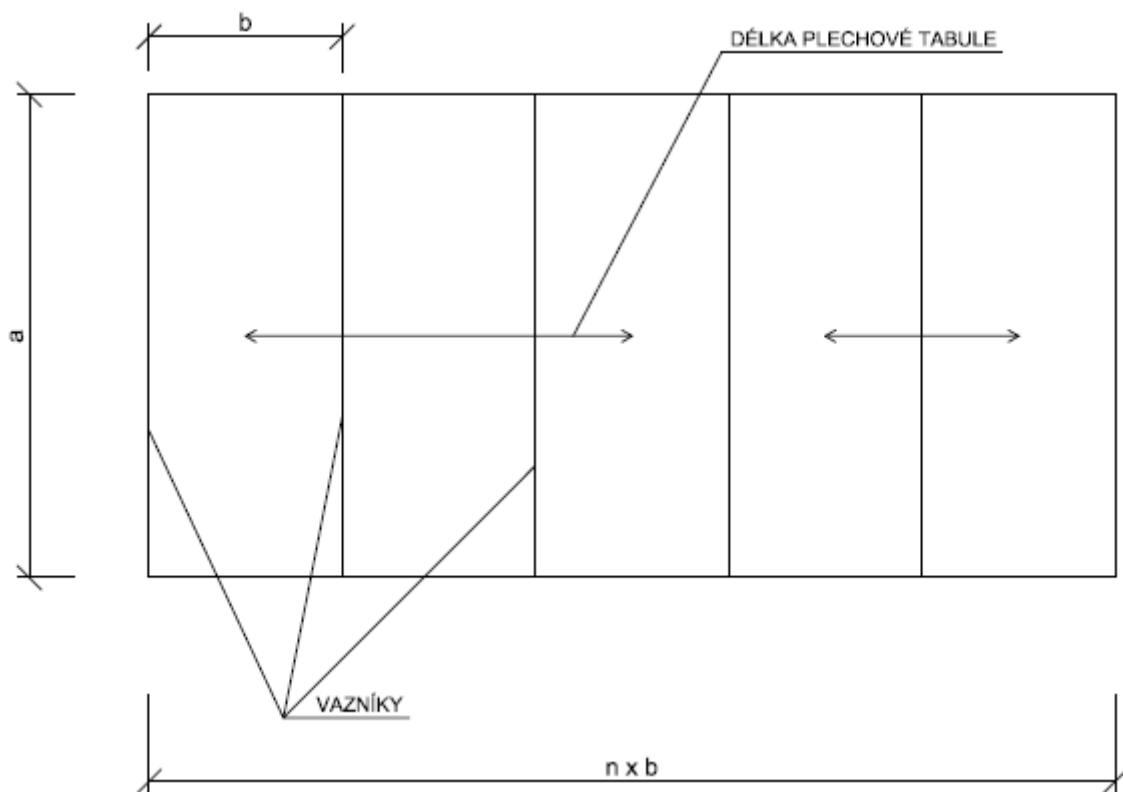
Obrázek 3.1 - Trapézový plech [2]

3.2 Materiálové vlastnosti trapézového plechu

Pro třídu oceli se stanoví mez kluzu f_y , mez pevnosti f_u , modul pružnosti v tahu a tlaku E a součinitel příčné deformace ν .

3.3 Geometrie diafragmat

Diafragma je panel střešního pláště (nebo jeho část) zajišťující vybočení hlavní nosné konstrukce z roviny. Zvolí se šířka smykového panelu kolmo k vlnám a (vliv sklonu střechy se zanedbává), délka smykového panelu rovnoběžně s vlnami b a počet smykových panelů za sebou n (obrázek 3.2).

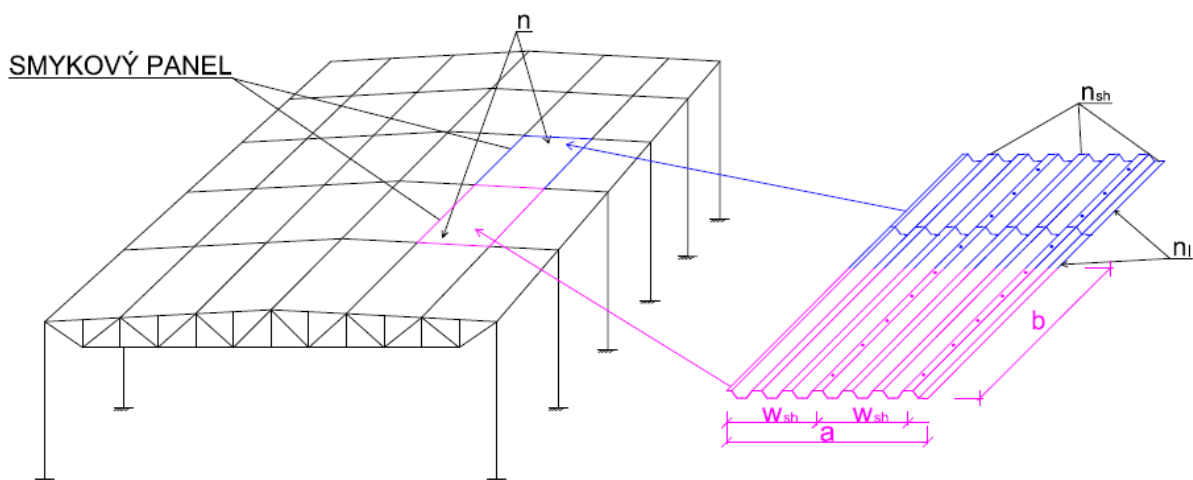


Obrázek 3.2 - Smykové panely

Dále se vypočte počet plechových tabulí na šířku smykového panelu n_{sh} :

$$n_{sh} = \frac{a}{w_{sh}} \quad (3.1)$$

Nakonec se zvolí počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat n_l . Všechny tyto parametry jsou zobrazeny na obrázku 3.3.



Obrázek 3.3 – Popis diafragmat

3.4 Podélné spojení plech – plech

Podle tabulky 3.1 se vybere typ spojovacího prostředku a jeho průměr d_{ns} , zvolí se rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech a_s , podle vztahu (3.2) se vypočte počet spojovacích prostředků na délku panelu n_s , dále se podle tabulky 3.1 určí smyková poddajnost spojovacího prostředku s_s a vypočte se návrhová únosnost ve smyku F_s . Pokud F_s vyjde větší než maximální hodnota uvedená v tabulce 3.1, použije se v dalších výpočtech tato maximální hodnota.

Tabulka 3.1 - Návrhová únosnost ve smyku a smyková poddajnost spojovacích prostředků

	d_{ns} [mm]	F_s [kN]	s_s [mm/kN]
Samořezné šrouby	4,2 4,8	$2,9(t/d_n)^{1/2} \cdot f_u \cdot d_n \cdot t$ max 3,8	0,25
Trhací nýty	4,8	$3,2(t/d_n)^{1/2} \cdot f_u \cdot d_n \cdot t$ max 3,0	0,30

$$n_s = \frac{b}{a_s} - 1 \quad (3.2)$$

3.5 Přípoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku

Podle tabulky 3.2 se vybere typ spojovacího prostředku, typ podložky, průměr spojovacího prostředku d_{np} , smyková poddajnost spojovacího prostředku s_p a vypočte se návrhová únosnost ve smyku F_p . Pokud F_p vyjde větší než maximální hodnota uvedená v tabulce 3.2, použije se v dalších výpočtech tato maximální hodnota. Podle vztahu (3.3) se vypočte počet spojovacích prostředků na šířku plechu n_f , dále se určí rozteč spojovacích prostředků p , přičemž se uvažuje kotvení v každé vlně.

Tabulka 3.2 - Návrhová únosnost ve smyku a smyková poddajnost spojovacích prostředků

	Typ podložky	d_{np} [mm]	F_p [kN]	s_p [mm/kN]
Samořezné šrouby	bez podložky	5,5	$1,9f_u \cdot d_n \cdot t$ max 6,5	0,15
Samořezné šrouby	bez podložky	6,3	$1,9f_u \cdot d_n \cdot t$ max 8,0	0,15
Samořezné šrouby	neoprénová podložka	5,5	$1,9f_u \cdot d_n \cdot t$ max 6,5	0,35
Samořezné šrouby	neoprénová podložka	6,3	$1,9f_u \cdot d_n \cdot t$ max 8,0	0,35
Nastřelovací hřeby	nylonový nákrůžek Ø 23 mm	3,7 4,0 4,8	$2,9f_u \cdot d_n \cdot t$ max 8,0	0,10

$$n_f = n_c + 1 \quad (3.3)$$

3.6 Výpočet smykové tuhosti

V tabulce 3.3 se vyhledá součinitel dle počtu plechových tabulí n_1 α_5 , podle tabulky 3.4 se určí konstanta (smykové tuhosti) střešního pláště pro kotvení v každé vlně K_1 , podle tabulky 3.5 se určí součinitel dle počtu spojů n_f β_1 , smyková poddajnost stabilizujících panelů je definována jako smyková deformace od jednotkového smykového zatížení (obrázek 3.4). Smyková poddajnost se skládá z deformace profilu trapézového plechu a z deformace spojovacího prostředku.

Deformace profilu trapézového plechu se vypočte dle následujících vztahů: podle vztahu (3.4) se vypočte distorze profilu plechu $c_{1.1}$, podle vztahu (3.5) smykové přetvoření plechu $c_{1.2}$. Deformace spojovacího prostředku se stanoví podle vztahu (3.6) pro spojovací prostředek zatížený pouze ve směru vlny $c_{2.1}$ a podle vztahu (3.7) pro spojovací prostředek zajišťující také spojení dvou profilů (namáhaný ve více směrech) $c_{2.2}$. Výsledná smyková poddajnost c se stanoví dle vztahu (3.8) a výsledná smyková tuhost S dle vztahu (3.9).

Tabulka 3.3 - Součinitel dle počtu plechových tabulí

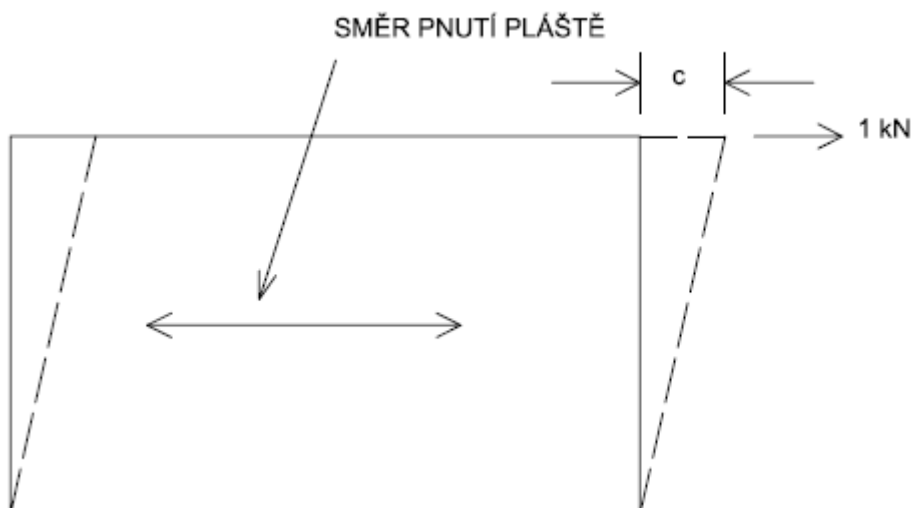
Počet plechových tabulí délky n_1	α_5
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5 a více	0,7

Tabulka 3.4 - Určení konstanty K_1 [1]

θ	$\frac{t/d}{h/d} \rightarrow$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	θ	$\frac{t/d}{h/d} \rightarrow$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0°	0.1	0.013	0.030	0.041	0.041	0.046	0.050	0.066	0.103	0.193	25°	0.1	0.019	0.032	0.038	0.038	0.038	0.045	0.068	0.126	0.313
	0.2	0.042	0.095	0.131	0.142	0.142	0.153	0.199	0.311	0.602		0.2	0.072	0.099	0.103	0.095	0.095	0.129	0.236	0.513	
	0.3	0.086	0.194	0.264	0.285	0.283	0.302	0.388	0.601	1.188		0.3	0.151	0.178	0.166	0.144	0.160	0.268	0.557		
	0.4	0.144	0.323	0.438	0.473	0.468	0.494	0.629	0.972	1.935		0.4	0.238	0.244	0.204	0.176	0.247	0.494			
	0.5	0.216	0.438	0.654	0.703	0.695	0.729	0.922	1.420	2.837		0.5	0.306	0.272	0.203	0.204	0.376				
	0.6	0.302	0.674	0.911	0.980	0.965	1.008	1.266	1.938	3.892		0.6	0.333	0.248	0.172	0.241					
	0.7	0.402	0.895	1.208	1.300	1.277	1.329	1.661	2.536	5.098		0.7	0.300	0.174	0.142						
	0.8	0.516	1.146	1.546	1.662	1.631	1.692	2.107	3.208	6.453		0.8	0.204	0.081							
5°	0.1	0.014	0.031	0.041	0.044	0.044	0.049	0.066	0.107	0.205	30°	0.1	0.020	0.032	0.037	0.036	0.036	0.044	0.070	0.133	
	0.2	0.050	0.099	0.128	0.134	0.132	0.146	0.198	0.336	0.652		0.2	0.075	0.095	0.094	0.084	0.087	0.132	0.256		
	0.3	0.107	0.202	0.253	0.260	0.254	0.280	0.386	0.681	1.548		0.3	0.148	0.157	0.135	0.116	0.152	0.291			
	0.4	0.188	0.338	0.413	0.417	0.404	0.448	0.629	1.158	2.639		0.4	0.208	0.186	0.139	0.139	0.253				
	0.5	0.295	0.507	0.604	0.601	0.578	0.648	0.934	1.783			0.5	0.226	0.161	0.112	0.176					
	0.6	0.429	0.706	0.823	0.806	0.772	0.877	1.306	2.586			0.6	0.180	0.089	0.093						
	0.7	0.591	0.935	1.066	1.028	0.983	1.135	1.756	3.605			0.7	0.077								
	0.8	0.780	1.191	1.328	1.264	1.208	1.423	2.299	4.838												
10°	0.1	0.016	0.031	0.040	0.042	0.042	0.048	0.065	0.111	0.221	35°	0.1	0.021	0.032	0.036	0.034	0.034	0.043	0.072	0.142	
	0.2	0.056	0.101	0.123	0.125	0.123	0.139	0.200	0.366	0.873		0.2	0.076	0.089	0.083	0.072	0.082	0.137	0.281		
	0.3	0.125	0.204	0.238	0.233	0.226	0.264	0.402	0.786			0.3	0.137	0.130	0.102	0.093	0.151				
	0.4	0.222	0.338	0.375	0.356	0.345	0.418	0.689	1.445			0.4	0.162	0.119	0.082	0.120					
	0.5	0.349	0.494	0.526	0.486	0.473	0.605	1.082	2.428			0.5	0.123	0.059							
	0.6	0.502	0.668	0.682	0.615	0.608	0.837	1.607				0.6	0.032								
	0.7	0.677	0.851	0.834	0.736	0.752	1.128	2.308				0.1	0.023	0.032	0.034	0.032	0.032	0.043	0.075	0.155	
	0.8	0.869	1.035	0.975	0.844	0.907	1.494	3.200				0.2	0.075	0.081	0.070	0.060	0.077	0.146			
15°	0.1	0.017	0.031	0.040	0.041	0.041	0.047	0.066	0.115	0.241	40°	0.3	0.116	0.096	0.068	0.078					
	0.2	0.062	0.102	0.118	0.115	0.113	0.134	0.209	0.403			0.4	0.100	0.053	0.048						
	0.3	0.139	0.202	0.218	0.204	0.200	0.254	0.440	0.945			0.5	0.024								
	0.4	0.244	0.321	0.325	0.293	0.294	0.414	0.796				0.1	0.024	0.031	0.032	0.029	0.030	0.043	0.079		
	0.5	0.370	0.448	0.426	0.371	0.396	0.636	1.329				0.2	0.071	0.069	0.056	0.050	0.073				
	0.6	0.508	0.568	0.508	0.434	0.513	0.941					0.3	0.086	0.057	0.041						
	0.7	0.646	0.668	0.561	0.483	0.664	1.349					0.4	0.032								
	0.8	0.768	0.735	0.578	0.527	0.861															
20°	0.1	0.018	0.032	0.039	0.039	0.039	0.046	0.066	0.111	0.276	45°										
	0.2	0.068	0.101	0.111	0.106	0.104	0.131	0.221	0.452												
	0.3	0.148	0.193	0.194	0.174	0.177	0.255	0.492													
	0.4	0.249	0.289	0.267	0.230	0.259	0.444	0.931													
	0.5	0.356	0.372	0.315	0.270	0.364	0.725														
	0.6	0.448	0.420	0.326	0.303	0.512															
	0.7	0.509	0.423	0.301	0.346																
	0.8	0.521	0.372	0.259	0.413																

Tabulka 3.5 - Součinitel dle počtu spojů

Celkový počet spojovacích prostředků na šířku plechu n_f	Faktor β_1	
	případ 1 - negativ	případ 2 – pozitiv
2	0,13	1,00
3	0,30	1,00
4	0,44	1,04
5	0,58	1,13
6	0,71	1,22
7	0,84	1,33
8	0,97	1,45
9	1,10	1,56
10	1,23	1,68



Obrázek 3.4 – Smyková poddajnost

$$c_{1.1} = \frac{ad^{2.5}\alpha_s K}{Et^{2.5}b^2} \quad (3.4)$$

$$c_{1.2} = \frac{2a(1+\nu) \left[1 + \frac{2h}{d} \right]}{Etb} \quad (3.5)$$

$$c_{2.1} = \frac{2as_p p}{b^2} \quad (3.6)$$

$$c_{2.2} = \frac{s_s s_p (n_{sh} - 1)}{n_s s_p + \beta_1 s_s} \quad (3.7)$$

$$c = c_{1.1} + c_{1.2} + c_{2.1} + c_{2.2} \quad (3.8)$$

$$S = S_{act} = \frac{b}{c} \quad (3.9)$$

3.7 Smyková únosnost stabilizujícího panelu

Podle polohy trapézového plechu se stanoví součinitel dle způsobu položení β_3 , pro pozitivní polohu je β_3 roven 1,0 a pro negativní polohu se určí dle vztahu (3.10). Vztah (3.11) stanovuje smykovou únosnost panelu stabilizujícího vazník.

$$\beta_3 = (n_f - 1) / n_f \quad (3.10)$$

$$P_{max} = n_s F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} F_p \quad (3.11)$$

3.8 Posudky na nepřípustné módy porušení

Únosnost spojovacích prostředků panel – vazník se posoudí dle podmínky (3.12). Podle podmínky (3.13) se posoudí kolaps konce trapézového plechu, přičemž se uvažuje, že každá vlna posuzovaného trapézového plechu je uchycena spojovacím prostředkem k hornímu pásu vazníku.

Posudek na smykové boulení panelu se stanoví následovně: určí se rozvinutá délka jedné vlny trapézového plechu u (obrázek 3.5), podélná desková tuhost stěny (ve směru osy x) D_x dle vztahu (3.14), moment setrvačnosti jedné vlny k neutrální ose I , příčná desková tuhost stěny (ve směru osy y) D_y dle vztahu (3.15). Souřadnicový systém je zobrazen na obrázku 3.6. Návrhová hodnota únosnosti diafragmat při globálním smykovém boulení V_g se vypočítá dle vztahu (3.16), návrhová hodnota únosnosti diafragmat při lokálním smykovém boulení V_l dle vztahu (3.17), návrhová hodnota redukované únosnosti diafragmat při kombinaci lokálního a globálního boulení V_{red} dle vztahu (3.18) a nakonec se provede posudek dle podmínky (3.19).

$$\frac{b}{p} 0,6 F_p \geq P_{max} \quad (3.12)$$

$$\frac{0,9 t^{1,5} b f_y}{d^{0,5}} \geq P_{max} \quad (3.13)$$

$$D_x = \frac{E t^3 d}{12(1 - \nu^2) u} \quad (3.14)$$

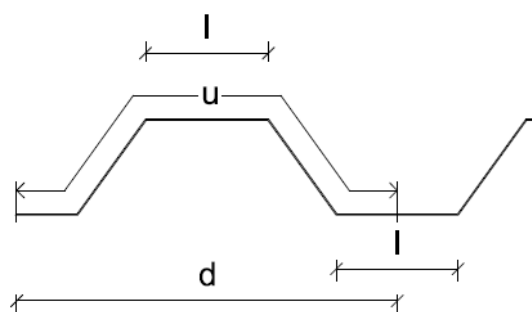
$$D_y = \frac{EI}{d} \quad (3.15)$$

$$V_g = \frac{28,8 a}{b^2} D_x^{1/4} D_y^{3/4} \quad (3.16)$$

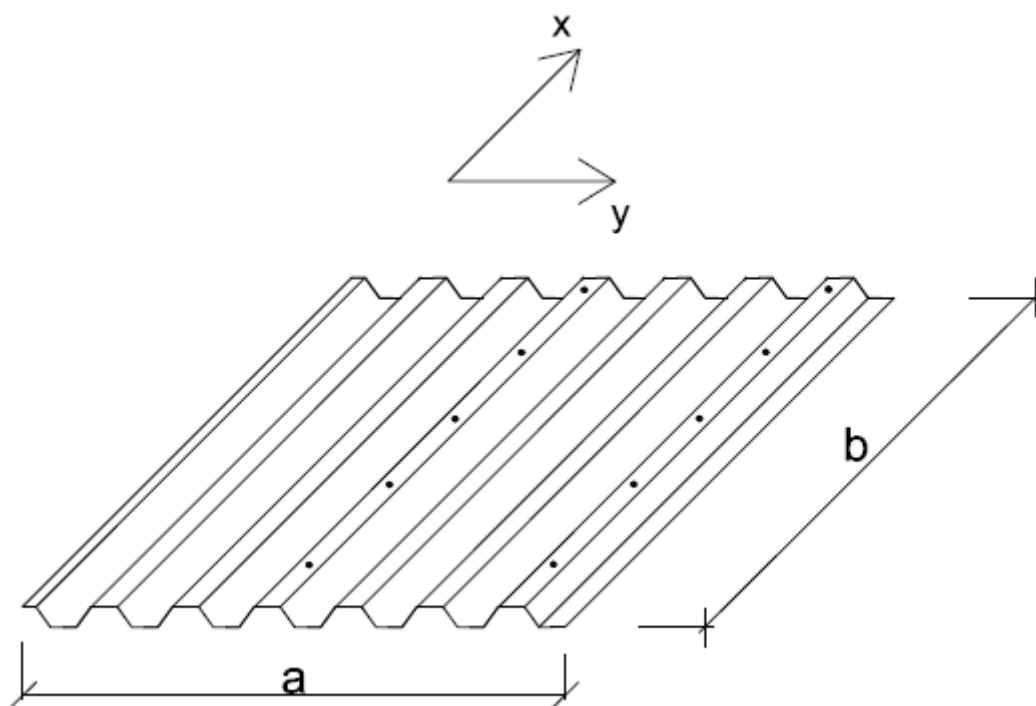
$$V_l = 4,83 E \left(\frac{t}{l} \right)^2 a t \quad (3.17)$$

$$V_{red} = \frac{V_g V_l}{V_g + V_l} \quad (3.18)$$

$$V_{red} \frac{b}{a} \geq P_{max} \quad (3.19)$$



Obrázek 3.5 - Určení rozvinuté délky jedné vlny trapézového plechu



Obrázek 3.6 – Souřadnicový systém

3.9 Posudky pro příhradové vazníky

Zatížení v rovině panelu způsobené vzájemnou interakcí mezi smykovým panelem a vazníkem se stanoví zadáním síly v horním pásu vazníku N_{Ed} , určením počtu polí n_r dle vztahu (3.20), koeficientu dle počtu polí n_r k_r podle vztahu (3.21) a vzájemného působení mezi ztužujícím opláštěním a stabilizovaným prvkem q podle vztahu (3.22). Maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaným nosníkem V_{max} se posoudí dle

podmínky (3.23) a k zabránění poruchy spojovacích prostředků plech - vazník musí být splněna podmínka (3.24).

$$n_r = n + 1 \quad (3.20)$$

$$k_r = \left[0,2 + \frac{1}{n_r} \right]^{0,5} \quad (3.21)$$

$$q = \frac{k_r}{62,5 \left(\frac{a}{N_{Ed}} - c \right)} \quad (3.22)$$

$$V_{\max} = \frac{qa}{2} \leq P_{\max} \quad (3.23)$$

$$V_{\max} \leq 0,5F_p \frac{a}{p} \quad (3.24)$$

Všechny vztahy uvedené v kapitole 3 jsou převzaty ze směrnice [1].

4 Program na posouzení bezvaznicových systémů

Součástí této bakalářské práce je program na posouzení stabilizace tlačného pásu vazníku s využitím plášťového působení vytvořený v programu Microsoft Office Excel 2007 a v jeho programovacím jazyce VBA.

Po otevření souboru se objeví šedé okno, ve kterém se po uživateli požaduje zadání vstupních parametrů (obrázek 4.1). Pokud se toto okno nezobrazí, je potřeba povolit makra. V panelu zpráv se zobrazí upozornění (obrázek 4.2), kliknutím na *Možnosti* se otevře okno (obrázek 4.3), v tom je potřeba zaškrtnout kolonku *Povolit tento obsah* a stisknout tlačítko *OK*. Program nelze otevřít ve starší verzi než Microsoft Office Excel 2007.

Stabilizace tlačeného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu :

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám:

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami:

Počet smykových panelů za sebou:

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat:

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech:

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech:

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku:

Sílu v horním pasu vazníku:

Vyberte

a= 0 mm

b= 0 mm

n= 0

Vyberte

Vyberte

as= 0 mm

Vyberte

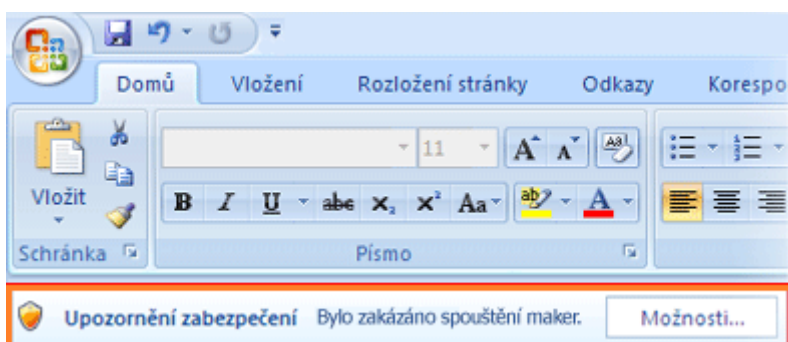
NEd= 0 kN

NÁVOD

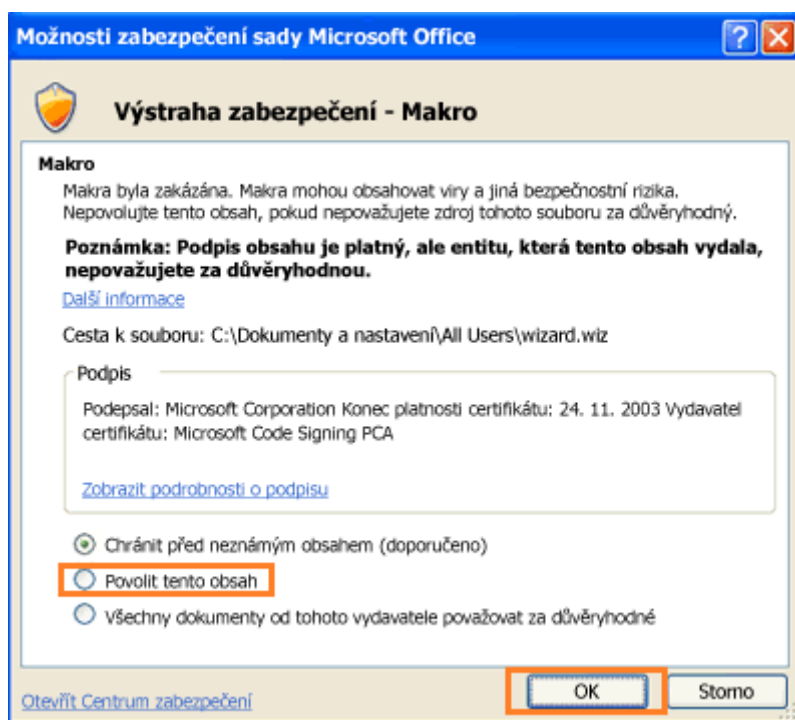
VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

Obrázek 4.1 - Zadávání vstupních parametrů



Obrázek 4.2 - Povolení maker – nápověda programu Microsoft Office Excel 2007



Obrázek 4.3 - Povolení maker - nápověda programu
Microsoft Office Excel 2007

Jako první údaj je nutné z roletového menu vybrat profil trapézového plechu (obrázek 4.4). V tomto programu je uvažováno s trapézovými plechy firmy CB Profil, a.s. [7] a je možno zvolit jeden ze šesti profilů různých tloušťek (tabulka 4.1). Všechny uvažované plechy jsou vyrobeny z oceli třídy S320 GD. Písmeno P za označením plechu udává, že je plech v zastřešení umístěn v pozitivní poloze (obrázek 4.5). Opakem je písmeno N, které znamená, že je plech v poloze negativní (obrázek 4.6).

Po zvolení profilu se vedle roletky objeví hlášení, které uživatele upozorní na to, zda vybraný plech vyhovuje či nevyhovuje ECCS No. 88 (obrázek 4.7). Jedná se o tabulku 3.4, kde u některých podílů šířky horní vlny l k rozteči vln d a výšky vlny h k rozteči vln d není uvedena žádná hodnota. V programu je to vyřešeno tak, že je chybějící hodnota doplněna hodnotou, která se nachází o řádek výše, což je na stranu bezpečnou.

Stabilizace tlačného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu :

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám:

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami:

Počet smykových panelů za sebou:

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat:

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech:

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech:

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku:

Sílu v horním pasu vazníku:

CB 40/160-0,50 - P

TRAPÉZOVÝ PLECH VYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

a=

b=

n=

SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 4.2

as= 0 mm

SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

NEd= 0 kN

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

Obrázek 4.4 - Výběr profilu trapézového plechu

Tabulka 4.1 - Profily a tloušťky trapézových plechů

Profil trapézového plechu	Tloušťky trapézového plechu [mm]
CB 40/160	0,50 0,63 0,75 0,88 1,00 1,25
CB 55/250	0,50 0,63 0,75 0,88 1,00 1,25
CB 60/235	0,50 0,63 0,75 0,88 1,00 1,25
CB 135/310	0,75 0,88 1,00 1,25 1,50
CB 150/280	0,75 0,88 1,00 1,25 1,50
CB 160/250	0,75 0,88 1,00 1,25 1,50



Obrázek 4.5 - Pozitivní poloha trapézového plechu [6]



Obrázek 4.6 - Negativní poloha trapézového plechu [6]

Obrázek 4.7 - Hlášení při výběru profilu trapézového plechu

Druhým vstupním údajem je šířka smykového panelu kolmo k vlnám a (obrázek 4.8). Dále je nutné zadat délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami b (obrázek 4.8). Následně se zadá počet smykových panelů za sebou n (obrázek 4.8). Všechny parametry a , b i n jsou zobrazeny na obrázcích 3.2 a 3.3.

Obrázek 4.8 - Zadávání vstupních údajů a , b , n

V následujícím roletovém menu se volí počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat (obrázek 4.9). Je možno zvolit 1, 2, 3, 4 nebo 5 a více. Firma CB Profil, a.s. udává minimální délku trapézového plechu 1,8 m a maximální výrobitelnou délku 22 m. Jak již bylo uvedeno, diafragma je panel střešního pláště (nebo jeho část) zajišťující vybočení hlavní nosné konstrukce z roviny.

Šestým vstupním údajem je typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech – plech (obrázek 4.10). V roletovém menu lze vybrat jeden ze dvou samořezných šroubů nebo trhací nýt, které udává směrnice [1] (tabulka 3.1). Příklady samořezného šroubu a trhacího nýtu jsou zobrazeny na obrázcích 4.11 a 4.12. Následuje zadání rozteče spojovacích prostředků pro

podélné spojení plech – plech a_s (obrázek 4.13). Firma CB Profil, a.s. na základě empirických zkušeností uvádí hodnotu a_s přibližně 300 mm.

Dále je nutné z roletového menu vybrat typ spojovacího prostředku pro přípoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku (obrázek 4.14). Je možno volit mezi čtyřmi samořeznými šrouby nebo třemi nastřelovacími hřebíky podle směrnice [1] (tabulka 3.2). Příklad nastřelovacího hřebu je na obrázku 4.15.

Posledním vstupním parametrem je síla v horním pásu vazníku N_{Ed} (obrázek 4.16), která je výsledkem globální analýzy konstrukce.

Stabilizace tlačného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu : CB 55/250-0,50 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: a= 0 mm

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 0 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 0

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat:

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 A VÍCE

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 4,2 mm

Typ spojovacího prostředku pro přípoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5,5

Sílu v horním pasu vazníku: nEd= 0 kN

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

Obrázek 4.9 - Volba počtu plechových tabulí na délku sestavy diafragmat

Stabilizace tlačného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu : CB 55/250-0,50 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: a= 0 mm

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 0 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 0

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat: 1

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech:

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 4,2 mm

Typ spojovacího prostředku pro přípoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5,5

Sílu v horním pasu vazníku: nEd= 0 kN

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

Obrázek 4.10 - Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech



Obrázek 4.11 - Samořezný šroub [8]



Obrázek 4.12 - Trhací nýt [9]

Stabilizace tlačeného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu : CB 55/250-0,50 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: a= 0 mm

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 0 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 1

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat: 1

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech: TRHACÍ NÝT - 4.8

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 0 mm

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

Sílu v horním pasu vazníku: NEd= 0 kN

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

Obrázek 4.13 - Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech – plech a_s

Stabilizace tlačného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu : CB 55/250-0,50 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: a= 0 mm

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 0 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 0

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat: 1

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 4.2

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 0 mm

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: NEd= SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5
 SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5
 SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 6.3
 SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5 - PODLOŽKA
 SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 6.3 - PODLOŽKA
 NASTŘELOVACÍ HŘEB - 3.7
 NASTŘELOVACÍ HŘEB - 4.0
 NASTŘELOVACÍ HŘEB - 4.8

Sílu v horním pasu vazníku:

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

Obrázek 4.14 - Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku



Obrázek 4.15 - Nastřelovací hřeb [10]

Stabilizace tlačného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu : CB 55/250-0,50 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: a= 0 mm

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 0 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 0

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat: 1

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 4.2

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 0 mm

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

Sílu v horním pasu vazníku: NEd= 0 kN

NÁVOD

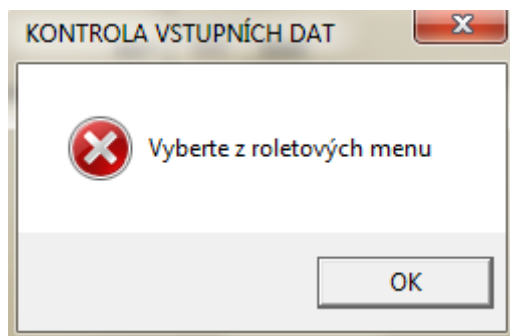
VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

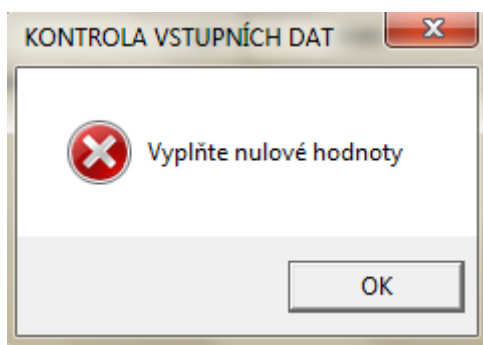
Obrázek 4.16 - Síla v horním pasu vazníku

Po zadání všech vstupních parametrů uživatel stiskne tlačítko *VYPOČÍTEJ*. Program umožňuje zadat pouze kladná čísla a oddělovač desetinných míst lze vkládat pomocí čárky i tečky [11]. Pokud u některého roletového menu není vybrána žádná hodnota, zobrazí se chybové hlášení (obrázek 4.17). V takovém případě je nutno stisknout tlačítko *OK* a vybrat ze všech roletových menu. Pokud u některého vstupního údaje zůstane zadána 0, objeví se

chybové hlášení (obrázek 4.18). V takovém případě je nutno stisknout tlačítko *OK* a zadat jinou hodnotu než je 0.



Obrázek 4.17 – Chybové hlášení



Obrázek 4.18 - Chybové hlášení

Pokud jsou všechny údaje zadány správně, potom se v dolní části okna zobrazí rámeček s posudky (obrázek 4.19).

Stabilizace tlačeného pasu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu : CB 160/250-0,75 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: a= 5800 mm

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 6000 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 1

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat: 1

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech: TRHACÍ NÝT - 4.8

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 500 mm

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

Sílu v horním pasu vazníku: NEd= 1340 kN

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

POSUDKY

Posudky na nepřipustné módy porušení

a) únosnost spojovacích prostředků panel - vazník: 44,01 kN > 22,71 kN VYHOVUJE

b) kolaps konce trapézového plechu: 70,98 kN > 22,71 kN VYHOVUJE

c) smykové boulení panelu: 81,51 kN > 22,71 kN VYHOVUJE

Posudky pro příhradové vazníky

Maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaném nosníkem: 11,60 kN < 22,71 kN VYHOVUJE

K zabránění poruchy spojovacích prostředků plech - vazník musí být splněna podmínka: 11,60 kN < 35,45 kN VYHOVUJE

Obrázek 4.19 - Posudky

Posudek na únosnost spojovacích prostředků panel – vazník vyplývá z podmínky 3.12. Posouzení kolapsu konce trapézového plechu odpovídá vztahu 3.13. Poslední posudek na nepřipustné módy porušení, smykové boulení panelu, se provede dle podmínky 3.19. Posudky pro příhradové vazníky odpovídají podmínkám 3.23 a 3.24.

Dále je možné stisknout tlačítko *VÝSTUP*, kterým uživatel zobrazí celý statický posudek. U tohoto posudku lze měnit pouze hlavičku, jinak je celý soubor uzamčen, aby se zabránilo zasahování do programu. Statický posudek lze rovněž vytisknout. Pokud se chce uživatel vrátit zpět do zadávacího okna, tak musí přejít na poslední stránku statického posudku a stisknout tlačítko *ZPĚT*.

Posledním tlačítkem je tlačítko s názvem *NÁVOD*. Tímto tlačítkem se zobrazí nápověda k programu. Návrat do zadávacího okna se uskutečňuje tlačítkem *ZPĚT* umístěným na poslední stránce návodu.

5 Ukázky řešených příkladů

Tato kapitola se věnuje výstupům z vytvořeného programu. Všechny tři ukázky se týkají příkladu popsaného v úvodu této práce, přičemž u prvního příkladu se posuzuje stabilitní

účinek samostatného smykového pole mezi příčnými rozpěrami horního pásu vazníku, druhý se zabývá posouzením stabilitního účinku smykového pole v rovině sedlové střechy a třetí řeší posouzení stabilitního účinku celého smykového pole na rozpětí vazníku.

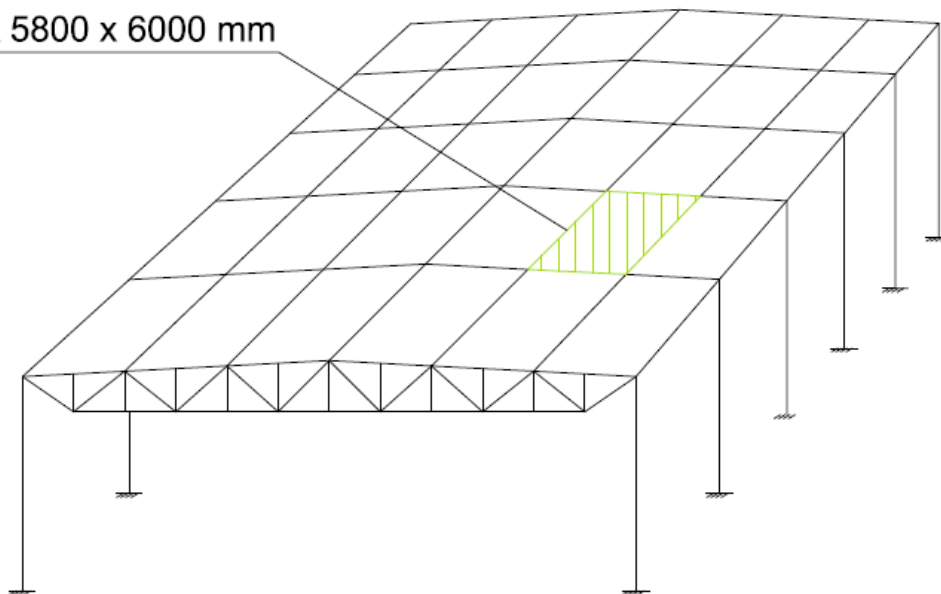
5.1 Předpoklady výpočtu

Plech stabilizující vazník je navržen z profilu CB 160/250-0,75. K ocelové konstrukci vazníku je přichycen samořeznými šrouby o průměru 5,5 mm, přičemž se uvažuje uchycení k hornímu pásu vazníku v každé vlně trapézového plechu. Podélně jsou plechy spojeny trhacími nýty o průměru 4,8 mm v roztečích 500 mm [2].

Předpoklad je takový, že na stabilizaci horního pásu vazníku se podílí pouze panel mezi dvěma vazníky. Uložení trapézového plechu, navrženého přes 2 pole, je vždy u jedné krajní podpory kluzné, proto se předpokládá, že na stabilizaci horního pásu vazníku se podílí pouze jeden panel mezi dvěma vazníky. To platí rovněž pro případ, kdy je po jedné straně vazníku umístěn světlík, jehož konstrukce nepůsobí jako spojitá podpora proti vybočení pásu vazníku z roviny [2].

Pro první případ je posudek proveden pro vzdálenost příčných rozpěr 5800 mm, uvažuje se se stabilizujícím účinkem jednoho diafragmatu 5800 x 6000 mm (obrázek 5.1).

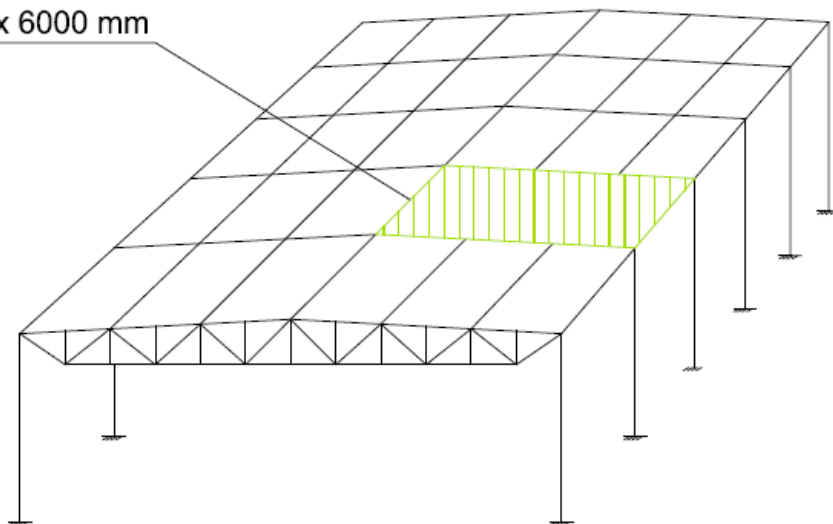
DIAFRAGMA 5800 x 6000 mm



Obrázek 5.1 – Diafragma pro první případ

Druhý případ je posouzen pro šířku střešní roviny 17400 mm, uvažuje se se stabilizujícím účinkem jednoho diafragmatu 17400 x 6000 mm (obrázek 5.2).

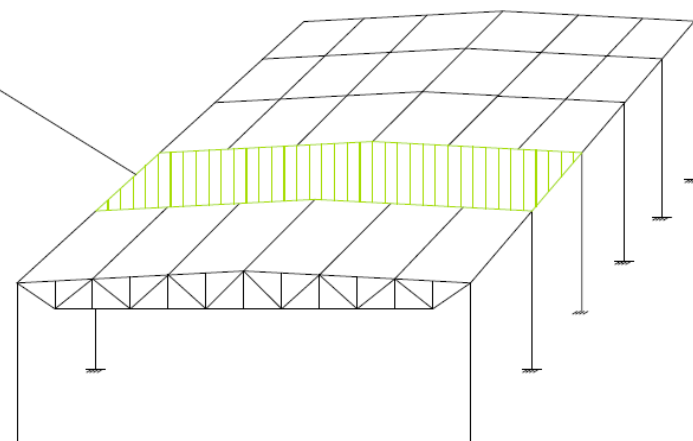
DIAFRAGMA 17400 x 6000 mm



Obrázek 5.2 – Diafragma pro druhý případ

U třetího případu je posudek proveden pro rozpětí vazníku 34800 mm, uvažuje se se stabilizujícím účinkem jednoho diafragmatu 34800 x 6000 mm (obrázek 5.3).

DIAFRAGMA 34800 x 6000 mm



Obrázek 5.3 – Diafragma pro třetí případ

Maximální návrhová normálová síla v horním pásu vazníku, která je výsledkem globální analýzy konstrukce, je uvažována $N_{Ed} = 1340$ kN [2].

5.2 Zadání vstupních údajů pro první příklad

Po otevření vytvořeného programu se objeví zadávací okno, do kterého se zadají vstupní parametry uvedené v části 5.1 a stiskne se tlačítko *VYPOČÍTEJ*. Poté se zobrazí rámeček s posudky, kde lze vidět, že všechny podmínky jsou splněny. Z toho plyne závěr, že stabilitní účinek samostatného smykového pole mezi příčnými rozpěrami horního pásu vazníku je dostatečný, aby nedošlo k vybočení pásu vazníku z roviny (obrázek 5.4).

Obrázek 5.4 - Zadání a posouzení prvního příkladu

5.3 Výstup prvního příkladu

Pro zobrazení kompletního statického posudku je třeba stisknout tlačítko *VÝSTUP*.

Geometrie trapézového plechu

profil trapézového plechu:

CB 160/250-0,75 - P

**TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS
No. 88 [tab. 5.6, str.65]**

poloha trapézového plechu:

POZITIVNÍ

výška vlny:

$h = 158 \text{ mm}$

rozteč vln:

$d = 250 \text{ mm}$

šířka horní vlny:

$l = 116 \text{ mm}$

šířka dolní vlny:

$l_d = 42 \text{ mm}$

tloušťka trapézového plechu:

$t = 0,75 \text{ mm}$

šířka plechové tabule:

$w_{sh} = 750 \text{ mm}$

počet vln v šířce tabule:

$n_c = 3$

sklon vlny: $\phi = 16,2^\circ$

Materiálové vlastnosti trapézového plechu

materiál:	Ocel S320 GD
mez kluzu oceli:	$f_y = 320 \text{ MPa}$
mez pevnosti oceli:	$f_u = 390 \text{ MPa}$
modul pružnosti:	$E = 210000 \text{ MPa}$
součinitel příčné deformace:	$\nu = 0,3$

Geometrie diafragmat

[diafragma = panel střešního pláště (nebo jeho část) zajišťující vybočení hlavní nosné konstrukce z roviny]

šířka smykového panelu kolmo k vlnám (zanedbán vliv sklonu střechy):

$$a = 5800 \text{ mm}$$

délka smykového panelu rovnoběžně s vlnami:

$$b = 6000 \text{ mm}$$

počet smykových panelů za sebou:

$$n = 1$$

počet plechových tabulí na šířku smykového panelu:

$$n_{sh} = \frac{a}{w_{sh}} \quad n_{sh} = 7,7$$

počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat:

$$n_l = 1$$

Podélné spojení plech – plech

typ spojovacího prostředku:	TRHACÍ NÝT - 4.8
průměr spojovacího prostředku:	$d_{ns} = 4,8 \text{ mm}$
rozteč spojovacích prostředků:	$a_s = 500 \text{ mm}$
počet spojovacích prostředků na délku panelu:	

$$n_s = \frac{b}{a_s} - 1 \quad n_s = 11$$

smyková poddajnost spojovacího prostředku:

$$s_s = 0,30 \text{ mm/kN}$$

návrhová únosnost ve smyku:

samořezný šroub

$$F_s = 2,9 \left(\frac{t}{d_{ns}} \right)^{\frac{1}{2}} f_u \cdot d_{ns} \cdot t \quad F_s = 1,78 \text{ kN} \leq 3,0 \text{ kN}$$

trhací nýt

$$F_s = 3,2 \left(\frac{t}{d_{ns}} \right)^{\frac{1}{2}} f_u \cdot d_{ns} \cdot t \Rightarrow 1,78 \text{ kN}$$

Přípoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku

typ spojovacího prostředku:

SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

typ podložky:

BEZ PODLOŽKY

průměr spojovacího prostředku:

$$d_{np} = 5,5 \text{ mm}$$

počet spojovacích prostředků na šířku plechu:

$$n_f = n_c + 1 \quad n_f = 4$$

rozteč spojovacích prostředků (kotvení v každé vlně):

$$p = 250 \text{ mm}$$

smyková poddajnost spojovacího prostředku:

$$s_p = 0,15 \text{ mm/kN}$$

návrhová únosnost ve smyku:

samořezný šroub

$$F_p = 1,9 f_u \cdot d_{np} \cdot t \quad F_p = 3,06 \text{ kN} \leq 6,5 \text{ kN}$$

nastřelovací hřeb

$$\Rightarrow 3,06 \text{ kN}$$

$$F_p = 2,9 f_u \cdot d_{np} \cdot t$$

Výpočet smykové tuhosti

součinitel dle počtu plechových tabulí n_l :

$$\alpha_5 = 1,0$$

konstanta (smykové tuhosti) střešního pláště pro kotvení v každé vlně:

$$K = K_1 = 0,502$$

$$\frac{h}{d} = 0,632$$

$$\frac{l}{d} = 0,464$$

součinitel dle počtu spojů n_f :

$$\beta_1 = 1,04$$

smyková poddajnost stabilizujících panelů:

deformace profilu trapézového plechu

- distorze profilu

$$c_{1.1} = \frac{ad^{2,5}\alpha_5 K}{Et^{2,5}b^2} \quad c_{1.1} = 0,781 \quad \text{mm/kN}$$

- smykové přetvoření

$$c_{1.2} = \frac{2a(1+\nu)\left[1 + \frac{2h}{d}\right]}{Etb} \quad c_{1.2} = 0,036 \quad \text{mm/kN}$$

deformace spojovacího prostředku

- spojovací prostředek zatížený pouze ve směru vlny

$$c_{2.1} = \frac{2as_p p}{b^2} \quad c_{2.1} = 0,012 \quad \text{mm/kN}$$

- spojovací prostředek zajišťující také spojení dvou profilů (namáhaný ve více směrech)

$$c_{2.2} = \frac{s_s s_p (n_{sh} - 1)}{n_s s_p + \beta_1 s_s} \quad c_{2.2} = 0,154 \quad \text{mm/kN}$$

výsledná smyková poddajnost:

$$c = c_{1.1} + c_{1.2} + c_{2.1} + c_{2.2} \quad c = 0,984 \quad \text{mm/kN}$$

výsledná smyková tuhost:

$$S = S_{\text{act}} = \frac{b}{c} \quad S = 6097 \quad \text{kN}$$

Smyková únosnost stabilizujícího panelu

součinitel dle způsobu položení:

negativní poloha

$$\beta_3 = (n_f - 1) / n_f \quad \beta_3 = 1,0$$

pozitivní poloha

$$\beta_3 = 1,0$$

smyková únosnost panelu stabilizujícího vazník:

$$P_{\text{max}} = n_s F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} F_p \quad P_{\text{max}} = 22,7 \quad \text{kN}$$

Posudky na nepřipustné módy porušení

a) únosnost spojovacích prostředků panel - vazník

$$\frac{b}{p} 0,6 F_p \geq P_{\text{max}} \quad 44,0 \quad \text{kN} \quad \geq \quad 22,7 \quad \text{kN}$$

\Rightarrow **VYHOVUJE**

b) kolaps konce trapézového plechu

(každá vlna posuzovaného plechu je uchycena spojovacím prostředkem k hornímu pásu vazníku)

$$\frac{0,9 t^{1,5} b f_y}{d^{0,5}} \geq P_{\text{max}} \quad 71,0 \quad \text{kN} \quad \geq \quad 22,7 \quad \text{kN}$$

\Rightarrow **VYHOVUJE**

c) smykové boulení panelu

rozvinutá délka jedné vlny trapézového plechu:

$$u = 490 \quad \text{mm}$$

podélná desková tuhost stěny (ve směru osy x):

$$D_x = \frac{E t^3 d}{12 (1 - \nu^2) u} \quad D_x = 4139 \quad \text{Nmm}$$

moment setrvačnosti jedné vlny k neutrální ose:

$$I = 680445 \text{ mm}^4$$

příčná desková tuhost stěny (ve směru osy y):

$$D_y = \frac{EI}{d} \quad D_y = 5,7\text{E}+08 \text{ Nmm}$$

návrhová hodnota únosnosti diafragmat při globálním smykovém boulení:

$$V_g = \frac{28,8a}{b^2} D_x^{1/4} D_y^{3/4} \quad V_g = 137,6 \text{ kN}$$

návrhová hodnota únosnosti diafragmat při lokálním smykovém boulení:

$$V_l = 4,83 E \left(\frac{t}{l} \right)^2 at \quad V_l = 184,4 \text{ kN}$$

návrhová hodnota redukované únosnosti diafragmat při kombinaci lokálního a globálního boulení:

$$V_{\text{red}} = \frac{V_g V_l}{V_g + V_l} \quad V_{\text{red}} = 78,8 \text{ kN}$$

$$V_{\text{red}} \frac{b}{a} \geq P_{\text{max}} \quad 81,5 \text{ kN} \geq 22,7 \text{ kN}$$

⇒ VYHOVUJE

Posudky pro příhradové vazníky

zatížení v rovině panelu způsobené vzájemnou interakcí mezi smykovým panelem a vazníkem:

síla v horním pásu: $N_{\text{Ed}} = 1340 \text{ kN}$

počet polí:

$$n_r = n + 1 \quad n_r = 2$$

koefficient dle počtu polí n_r :

$$k_r = \left[0,2 + \frac{1}{n_r} \right]^{0,5} \quad k_r = 0,837$$

vzájemné působení mezi ztužujícím opláštěním a stabilizovaným prvkem:

$$q = \frac{k_r}{62,5 \left(\frac{a}{N_{\text{Ed}}} - c \right)} \quad q = 0,004 \text{ kN/mm}$$

maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaným nosníkem:

$$V_{\max} = \frac{qa}{2} \leq P_{\max} \quad 11,6 \text{ kN} \leq 22,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

k zabránění poruchy spojovacích prostředků plech - vazník musí být splněna podmínka:

$$V_{\max} \leq 0,5 F_p \frac{a}{p} \quad 11,6 \text{ kN} \leq 35,5 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.4 Zadání vstupních údajů pro druhý příklad

Pro návrat do zadávacího okna se stiskne tlačítko *ZPĚT* umístěné na poslední straně statického posudku. Pro posouzení druhého příkladu je potřeba změnit hodnotu a na 17400 mm a znovu stisknout tlačítko *VYPOČÍTEJ*. Poté se rámeček s posudky přepočítá a lze vidět, že všechny podmínky jsou opět splněny. Z toho plyne závěr, že stabilitní účinek smykového pole v rovině sedlové střechy je dostatečný, aby nedošlo k vybočení pásu vazníku z roviny (obrázek 5.5).

Stabilizace tlačného pásu vazníku s využitím plášťového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu : CB 160/250-0,75 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: **a= 17400 mm**

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 6000 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 1

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat: 1

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech: TRHACÍ NÝT - 4.8

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 500 mm

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

Sílu v horním pásu vazníku: NEd= 1340 kN

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

POSUDKY

Posudky na nepřípustné módy porušení	Posudky pro příhradové vazníky
a) únosnost spojovacích prostředků panel - vazník: 44,01 kN > 22,71 kN VYHOVUJE	Maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaným nosníkem: 11,66 kN < 22,71 kN VYHOVUJE
b) kolaps konce trapézového plechu: 70,98 kN > 22,71 kN VYHOVUJE	K zabránění poruchy spojovacích prostředků plech - vazník musí být splněna podmínka: 11,66 kN < 106,3 kN VYHOVUJE
c) smykové boulení panelu: 81,51 kN > 22,71 kN VYHOVUJE	

Obrázek 5.5 – Zadání a posouzení druhého příkladu

5.5 Výstup druhého příkladu

Pro zobrazení kompletního statického posudku je potřeba opět stisknout tlačítko *VÝSTUP*.

Geometrie trapézového plechu

profil trapézového plechu:

CB 160/250-0,75 - P

TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS
No. 88 [tab. 5.6, str.65]

poloha trapézového plechu:

POZITIVNÍ

výška vlny:

$$h = 158 \text{ mm}$$

rozteč vln:

$$d = 250 \text{ mm}$$

šířka horní vlny:

$$l = 116 \text{ mm}$$

šířka dolní vlny:

$$l_d = 42 \text{ mm}$$

tloušťka trapézového plechu:

$$t = 0,75 \text{ mm}$$

šířka plechové tabule:

$$w_{sh} = 750 \text{ mm}$$

počet vln v šířce tabule:

$$n_c = 3$$

sklon vlny:

$$\phi = 16,2^\circ$$

Materiálové vlastnosti trapézového plechu

materiál:

Ocel S320 GD

mez kluzu oceli:

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

mez pevnosti oceli:

$$f_u = 390 \text{ MPa}$$

modul pružnosti:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

součinitel příčné deformace:

$$\nu = 0,3$$

Geometrie diafragmat

[diafragma = panel střešního pláště (nebo jeho část) zajišťující vybočení hlavní nosné konstrukce z roviny]

šířka smykového panelu kolmo k vlnám (zanedbán vliv sklonu střechy):

$$a = 17400 \text{ mm}$$

délka smykového panelu rovnoběžně s vlnami:

$$b = 6000 \text{ mm}$$

počet smykových panelů za sebou:

$$n = 1$$

počet plechových tabulí na šířku smykového panelu:

$$n_{sh} = \frac{a}{w_{sh}} \quad n_{sh} = 23,2$$

počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat:

$$n_1 = 1$$

Podélné spojení plech – plech

typ spojovacího prostředku: TRHACÍ NÝT - 4.8

průměr spojovacího prostředku: $d_{ns} = 4,8$ mm

rozteč spojovacích prostředků: $a_s = 500$ mm

počet spojovacích prostředků na délku panelu:

$$n_s = \frac{b}{a_s} - 1 \quad n_s = 11$$

smyková poddajnost spojovacího prostředku:

$$s_s = 0,30 \text{ mm/kN}$$

návrhová únosnost ve smyku:

samořezný šroub

$$F_s = 2,9 \left(\frac{t}{d_{ns}} \right)^{\frac{1}{2}} f_u \cdot d_{ns} \cdot t \quad F_s = 1,78 \text{ kN} \leq 3,0 \text{ kN}$$

trhací nýt

$$F_s = 3,2 \left(\frac{t}{d_{ns}} \right)^{\frac{1}{2}} f_u \cdot d_{ns} \cdot t \quad \Rightarrow 1,78 \text{ kN}$$

Přípoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku

typ spojovacího prostředku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

typ podložky: BEZ PODLOŽKY

průměr spojovacího prostředku: $d_{np} = 5,5$ mm

počet spojovacích prostředků na šířku plechu:

$$n_f = n_c + 1 \quad n_f = 4$$

rozteč spojovacích prostředků (kotvení v každé vlně):

$$p = 250 \text{ mm}$$

smyková poddajnost spojovacího prostředku:

$$s_p = 0,15 \text{ mm/kN}$$

návrhová únosnost ve smyku:

samořezný šroub

$$F_p = 1,9 f_u \cdot d_{np} \cdot t \quad F_p = 3,06 \text{ kN} \leq 6,5 \text{ kN}$$

nastřelovací hřeb

$$\Rightarrow 3,06 \text{ kN}$$

$$F_p = 2,9 f_u \cdot d_{np} \cdot t$$

Výpočet smykové tuhosti

součinitel dle počtu plechových tabulí n_l :

$$\alpha_5 = 1,0$$

konstanta (smykové tuhosti) střešního pláště pro kotvení v každé vlně:

$$K = K_1 = 0,502$$

$$\frac{h}{d} = 0,632$$

$$\frac{l}{d} = 0,464$$

součinitel dle počtu spojů n_f :

$$\beta_1 = 1,04$$

smyková poddajnost stabilizujících panelů:

deformace profilu trapézového plechu

- distorze profilu

$$c_{1,1} = \frac{ad^{2,5}\alpha_5 K}{Et^{2,5}b^2} \quad c_{1,1} = 2,344 \text{ mm/kN}$$

- smykové přetvoření

$$c_{1,2} = \frac{2a(1+\nu)\left[1 + \frac{2h}{d}\right]}{Etb} \quad c_{1,2} = 0,108 \text{ mm/kN}$$

deformace spojovacího prostředku

- spojovací prostředek zatížený pouze ve směru vlny

$$c_{2.1} = \frac{2 a s_p p}{b^2} \quad c_{2.1} = 0,036 \quad \text{mm/kN}$$

- spojovací prostředek zajišťující také spojení dvou profilů (namáhaný ve více směrech)

$$c_{2.2} = \frac{s_s s_p (n_{sh} - 1)}{n_s s_p + \beta_1 s_s} \quad c_{2.2} = 0,509 \quad \text{mm/kN}$$

výsledná smyková poddajnost:

$$c = c_{1.1} + c_{1.2} + c_{2.1} + c_{2.2} \quad c = 2,998 \quad \text{mm/kN}$$

výsledná smyková tuhost:

$$S = S_{act} = \frac{b}{c} \quad S = 2001 \quad \text{kN}$$

Smyková únosnost stabilizujícího panelu

součinitel dle způsobu položení:

negativní poloha

$$\beta_3 = (n_f - 1) / n_f \quad \beta_3 = 1,0$$

pozitivní poloha

$$\beta_3 = 1,0$$

smyková únosnost panelu stabilizujícího vazník:

$$P_{max} = n_s F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} F_p \quad P_{max} = 22,7 \quad \text{kN}$$

Posudky na nepřipustné módy porušení

a) únosnost spojovacích prostředků panel - vazník

$$\frac{b}{p} 0,6 F_p \geq P_{max} \quad 44,0 \quad \text{kN} \quad \geq \quad 22,7 \quad \text{kN}$$

\Rightarrow **VYHOVUJE**

b) kolaps konce trapézového plechu

(každá vlna posuzovaného plechu je uchycena spojovacím prostředkem k hornímu pásu vazníku)

$$\frac{0,9t^{1,5}bf_y}{d^{0,5}} \geq P_{\max} \quad 71,0 \quad \text{kN} \quad \geq \quad 22,7 \quad \text{kN}$$

\Rightarrow **VYHOVUJE**

c) smykové boulení panelu

rozvinutá délka jedné vlny trapézového plechu:

$$u = 490 \quad \text{mm}$$

podélná desková tuhost stěny (ve směru osy x):

$$D_x = \frac{Et^3d}{12(1-\nu^2)u} \quad D_x = 4139 \quad \text{Nmm}$$

moment setrvačnosti jedné vlny k neutrální ose:

$$I = 680445 \quad \text{mm}^4$$

příčná desková tuhost stěny (ve směru osy y):

$$D_y = \frac{EI}{d} \quad D_y = 5,7\text{E}+08 \quad \text{Nmm}$$

návrhová hodnota únosnosti diafragmat při globálním smykovém boulení:

$$V_g = \frac{28,8a}{b^2} D_x^{1/4} D_y^{3/4} \quad V_g = 412,7 \quad \text{kN}$$

návrhová hodnota únosnosti diafragmat při lokálním smykovém boulení:

$$V_l = 4,83 E \left(\frac{t}{l} \right)^2 at \quad V_l = 553,3 \quad \text{kN}$$

návrhová hodnota redukované únosnosti diafragmat při kombinaci lokálního a globálního boulení:

$$V_{\text{red}} = \frac{V_g V_l}{V_g + V_l} \quad V_{\text{red}} = 236,4 \quad \text{kN}$$

$$V_{\text{red}} \frac{b}{a} \geq P_{\max} \quad 81,5 \quad \text{kN} \quad \geq \quad 22,7 \quad \text{kN}$$

\Rightarrow **VYHOVUJE**

Posudky pro příhradové vazníky

zatížení v rovině panelu způsobené vzájemnou interakcí mezi smykovým panelem a vazníkem:

$$\text{síla v horním pásu:} \quad N_{Ed} = 1340 \quad \text{kN}$$

počet polí:

$$n_r = n + 1 \quad n_r = 2$$

koeficient dle počtu polí n_r :

$$k_r = \left[0,2 + \frac{1}{n_r} \right]^{0,5} \quad k_r = 0,837$$

vzájemné působení mezi ztužujícím opláštěním a stabilizovaným prvkem:

$$q = \frac{k_r}{62,5 \left(\frac{a}{N_{Ed}} - c \right)} \quad q = 0,001 \quad \text{kN/mm}$$

maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaným nosníkem:

$$V_{\max} = \frac{qa}{2} \leq P_{\max} \quad 11,7 \quad \text{kN} \quad \leq \quad 22,7 \quad \text{kN}$$

\Rightarrow **VYHOVUJE**

k zabránění poruchy spojovacích prostředků plech - vazník musí být splněna podmínka:

$$V_{\max} \leq 0,5 F_p \frac{a}{p} \quad 11,7 \quad \text{kN} \quad \leq \quad 106,4 \quad \text{kN}$$

\Rightarrow **VYHOVUJE**

5.6 Zadání vstupních údajů pro třetí příklad

Pro posouzení třetího příkladu je potřeba změnit hodnotu a na 34800 mm a znovu stisknout tlačítko *VYPOČÍTEJ*. Poté se rámeček s posudky přepočítá a lze vidět, že všechny podmínky jsou potřetí splněny. Z toho plyne závěr, že stabilitní účinek celého smykového pole na rozpětí vazníku je dostatečný, aby nedošlo k vybočení pásu vazníku z roviny (obrázek 5.6).

Stabilizace tlačného pasu vazníku s využitím pláštového působení

ZADEJTE

Profil trapézového plechu: CB 160/250-0,75 - P TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS No. 88 [tab. 5.6, str.65]

Šířku smykového panelu kolmo k vlnám: **a= 34800 mm**

Délku smykového panelu rovnoběžně s vlnami: b= 6000 mm

Počet smykových panelů za sebou: n= 1

Počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat: 1

Typ spojovacího prostředku pro podélné spojení plech - plech: TRHACÍ NÝT - 4.8

Rozteč spojovacích prostředků pro podélné spojení plech - plech: as= 500 mm

Typ spojovacího prostředku pro připoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

Sílu v horním pasu vazníku: NEd= 1340 kN

NÁVOD

VYPOČÍTEJ

VÝSTUP

POSUDKY

Posudky na nepřípustné módy porušení

a) únosnost spojovacích prostředků panel - vazník: 44,01 kN > 22,71 kN VYHOVUJE

b) kolaps konce trapézového plechu: 70,98 kN > 22,71 kN VYHOVUJE

c) smykové boulení panelu: 81,51 kN > 22,71 kN VYHOVUJE

Posudky pro příhradové vazníky

Maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaným nosníkem: 11,67 kN < 22,71 kN VYHOVUJE

K zabránění poruchy spojovacích prostředků plech - vazník musí být splněna podmínka: 11,67 kN < 212,7 kN VYHOVUJE

Obrázek 5.6 – Zadání a posouzení třetího příkladu

5.7 Výstup třetího příkladu

Geometrie trapézového plechu

profil trapézového plechu:

CB 160/250-0,75 - P

TRAPÉZOVÝ PLECH NEVYHOVUJE ECCS
No. 88 [tab. 5.6, str.65]

poloha trapézového plechu:

POZITIVNÍ

výška vlny:

$$h = 158 \text{ mm}$$

rozteč vln:

$$d = 250 \text{ mm}$$

šířka horní vlny:

$$l = 116 \text{ mm}$$

šířka dolní vlny:

$$l_d = 42 \text{ mm}$$

tloušťka trapézového plechu:

$$t = 0,75 \text{ mm}$$

šířka plechové tabule:

$$w_{sh} = 750 \text{ mm}$$

počet vln v šířce tabule:

$$n_c = 3$$

sklon vlny:

$$\phi = 16,2^\circ$$

Materiálové vlastnosti trapézového plechu

materiál:

Ocel S320 GD

mez kluzu oceli:

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

mez pevnosti oceli:

$$f_u = 390 \text{ MPa}$$

modul pružnosti:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

součinitel příčné deformace:

$$\nu = 0,3$$

Geometrie diafragmat

[diafragma = panel střešního pláště (nebo jeho část) zajišťující vybočení hlavní nosné konstrukce z roviny]

šířka smykového panelu kolmo k vlnám (zanedbán vliv sklonu střechy):

$$a = 34800 \text{ mm}$$

délka smykového panelu rovnoběžně s vlnami:

$$b = 6000 \text{ mm}$$

počet smykových panelů za sebou:

$$n = 1$$

počet plechových tabulí na šířku smykového panelu:

$$n_{sh} = \frac{a}{w_{sh}} \quad n_{sh} = 46,4$$

počet plechových tabulí na délku sestavy diafragmat:

$$n_l = 1$$

Podélné spojení plech - plech

typ spojovacího prostředku:

TRHACÍ NÝT - 4.8

průměr spojovacího prostředku:

$$d_{ns} = 4,8 \text{ mm}$$

rozteč spojovacích prostředků:

$$a_s = 500 \text{ mm}$$

počet spojovacích prostředků na délku panelu:

$$n_s = \frac{b}{a_s} - 1 \quad n_s = 11$$

smyková poddajnost spojovacího prostředku:

$$s_s = 0,30 \text{ mm/kN}$$

návrhová únosnost ve smyku:

samořezný šroub

$$F_s = 2,9 \left(\frac{t}{d_{ns}} \right)^{\frac{1}{2}} f_u \cdot d_{ns} \cdot t \quad F_s = 1,78 \text{ kN} \leq 3,0 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow 1,78 \text{ kN}$$

trhací nýt

$$F_s = 3,2 \left(\frac{t}{d_{ns}} \right)^{\frac{1}{2}} f_u \cdot d_{ns} \cdot t$$

Přípoje plechu k posuzovanému ocelovému prvku

typ spojovacího prostředku: SAMOŘEZNÝ ŠROUB - 5.5

typ podložky: BEZ PODLOŽKY

průměr spojovacího prostředku: $d_{np} = 5,5$ mm

počet spojovacích prostředků na šířku plechu:

$$n_f = n_c + 1 \quad n_f = 4$$

rozteč spojovacích prostředků (kotvení v každé vlně):

$$p = 250 \text{ mm}$$

smyková poddajnost spojovacího prostředku:

$$s_p = 0,15 \text{ mm/kN}$$

návrhová únosnost ve smyku:

samořezný šroub

$$F_p = 1,9 f_u \cdot d_{np} \cdot t \quad F_p = 3,06 \text{ kN} \leq 6,5 \text{ kN}$$

nastřelovací hřeb $\Rightarrow 3,06 \text{ kN}$

$$F_p = 2,9 f_u \cdot d_{np} \cdot t$$

Výpočet smykové tuhosti

součinitel dle počtu plechových tabulí n_l :

$$\alpha_5 = 1,0$$

konstanta (smykové tuhosti) střešního pláště pro kotvení v každé vlně:

$$K = K_1 = 0,502$$

$$\frac{h}{d} = 0,632$$

$$\frac{l}{d} = 0,464$$

součinitel dle počtu spojů n_f : $\beta_1 = 1,04$

smyková poddajnost stabilizujících panelů:

deformace profilu trapézového plechu

- distorze profilu

$$c_{1.1} = \frac{ad^{2,5}\alpha_5 K}{Et^{2,5}b^2} \quad c_{1.1} = 4,688 \quad \text{mm/kN}$$

- smykové přetvoření

$$c_{1.2} = \frac{2a(1+\nu)\left[1 + \frac{2h}{d}\right]}{Etb} \quad c_{1.2} = 0,217 \quad \text{mm/kN}$$

deformace spojovacího prostředku

- spojovací prostředek zatížený pouze ve směru vlny

$$c_{2.1} = \frac{2as_p p}{b^2} \quad c_{2.1} = 0,073 \quad \text{mm/kN}$$

- spojovací prostředek zajišťující také spojení dvou profilů (namáhaný ve více směrech)

$$c_{2.2} = \frac{s_s s_p (n_{sh} - 1)}{n_s s_p + \beta_1 s_s} \quad c_{2.2} = 1,041 \quad \text{mm/kN}$$

výsledná smyková poddajnost:

$$c = c_{1.1} + c_{1.2} + c_{2.1} + c_{2.2} \quad c = 6,019 \quad \text{mm/kN}$$

výsledná smyková tuhost:

$$S = S_{act} = \frac{b}{c} \quad S = 997 \quad \text{kN}$$

Smyková únosnost stabilizujícího panelu

součinitel dle způsobu položení:

negativní poloha

$$\beta_3 = (n_f - 1) / n_f \quad \beta_3 = 1,0$$

pozitivní poloha

$$\beta_3 = 1,0$$

smyková únosnost panelu stabilizujícího vazník:

$$P_{\max} = n_s F_s + \frac{\beta_1}{\beta_3} F_p \quad P_{\max} = 22,7 \text{ kN}$$

Posudky na nepřípustné módy porušení

a) únosnost spojovacích prostředků panel - vazník

$$\frac{b}{p} 0,6 F_p \geq P_{\max} \quad 44,0 \text{ kN} \geq 22,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

b) kolaps konce trapézového plechu

(každá vlna posuzovaného plechu je uchycena spojovacím prostředkem k hornímu pásu vazníku)

$$\frac{0,9 t^{1,5} b f_y}{d^{0,5}} \geq P_{\max} \quad 71,0 \text{ kN} \geq 22,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

c) smykové boulení panelu

rozvinutá délka jedné vlny trapézového plechu:

$$u = 490 \text{ mm}$$

podélná desková tuhost stěny (ve směru osy x):

$$D_x = \frac{E t^3 d}{12 (1 - \nu^2) u} \quad D_x = 4139 \text{ Nmm}$$

moment setrvačnosti jedné vlny k neutrální ose:

$$I = 680445 \text{ mm}^4$$

příčná desková tuhost stěny (ve směru osy y):

$$D_y = \frac{EI}{d} \quad D_y = 5,7E+08 \text{ Nmm}$$

návrhová hodnota únosnosti diafragmat při globálním smykovém boulení:

$$V_g = \frac{28,8 a}{b^2} D_x^{1/4} D_y^{3/4} \quad V_g = 825,5 \text{ kN}$$

návrhová hodnota únosnosti diafragmat při lokálním smykovém boulení:

$$V_1 = 4,83 E \left(\frac{t}{l} \right)^2 at \quad V_1 = 1106,7 \text{ kN}$$

návrhová hodnota redukované únosnosti diafragmat při kombinaci lokálního a globálního boulení:

$$V_{\text{red}} = \frac{V_g V_1}{V_g + V_1} \quad V_{\text{red}} = 472,8 \text{ kN}$$

$$V_{\text{red}} \frac{b}{a} \geq P_{\text{max}} \quad 81,5 \text{ kN} \geq 22,7 \text{ kN}$$

⇒ VYHOVUJE

Posudky pro příhradové vazníky

zatížení v rovině panelu způsobené vzájemnou interakcí mezi smykovým panelem a vazníkem:

síla v horním pásu: $N_{\text{Ed}} = 1340 \text{ kN}$

počet polí:

$$n_r = n + 1 \quad n_r = 2$$

koeficient dle počtu polí n_r :

$$k_r = \left[0,2 + \frac{1}{n_r} \right]^{0,5} \quad k_r = 0,837$$

vzájemné působení mezi ztužujícím opláštěním a stabilizovaným prvkem:

$$q = \frac{k_r}{62,5 \left(\frac{a}{N_{\text{Ed}}} - c \right)} \quad q = 0,001 \text{ kN/mm}$$

maximální smyková síla vyvozená ve smykovém panelu stabilizovaným nosníkem:

$$V_{\text{max}} = \frac{qa}{2} \leq P_{\text{max}} \quad 11,7 \text{ kN} \leq 22,7 \text{ kN}$$

⇒ VYHOVUJE

k zabránění poruchy spojovacích prostředků plech - vazník musí být splněna podmínka:

$$V_{\text{max}} \leq 0,5 F_p \frac{a}{p} \quad 11,7 \text{ kN} \leq 212,7 \text{ kN}$$

⇒ **VYHOVUJE**

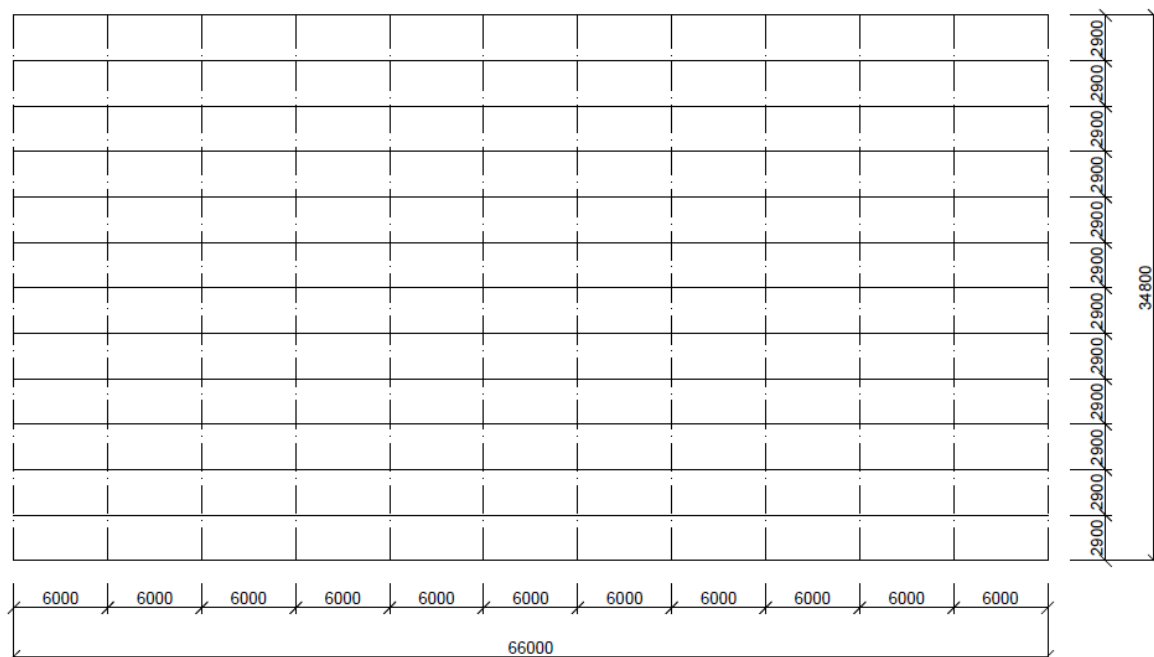
5.8 Porovnání výsledků řešených příkladů

Změna parametru a se projeví u posudků pro příhradové vazníky, u podmínky pro maximální smykovou sílu vyvozenou ve smykovém panelu stabilizovaném nosníkem je nepatrná změna pouze u hodnoty V_{\max} na levé straně nerovnice, u podmínky k zabránění poruchy spojovacích prostředků plech – vazník je navíc rozdílná hodnota na pravé straně nerovnice. Je zřejmé, že čím je hodnota parametru a větší, tím je posudek bezpečnější. Správnost programu byla ověřena ručním přepočtem příkladu 1 a 2 viz [2].

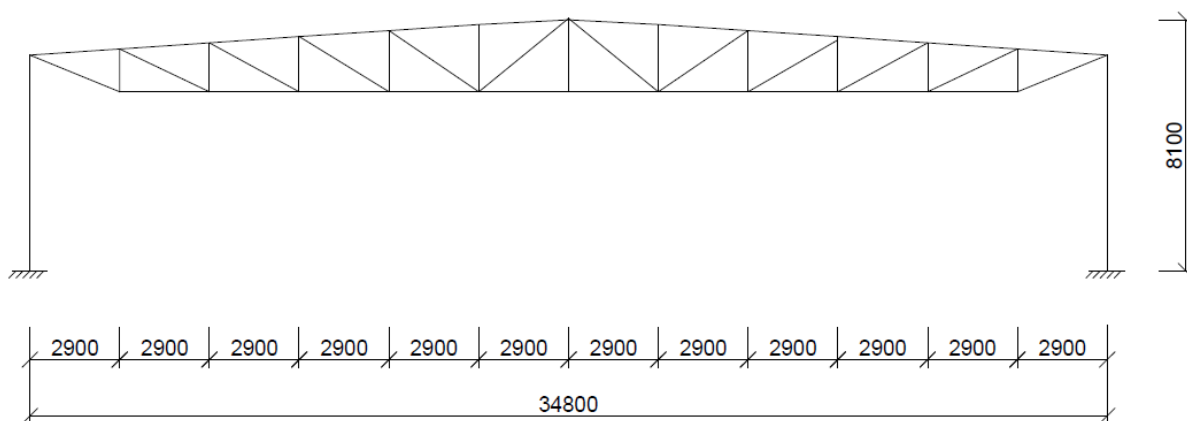
6 Návrh vaznicového systému a posouzení horního pásu vazníku

Tato kapitola se věnuje návrhu vaznicového systému zastřešení na konstrukci, která byla popsána v části 1.2. Dále je zde provedeno posouzení horního pásu vazníku na vybočení z roviny. Statický výpočet je proveden podle [16], zatížení je částečně přebráno z [2], jinak je zatížení určeno podle [13], [14], [15]. Kombinace zatížení jsou provedeny dle [12].

6.1 Schéma konstrukce



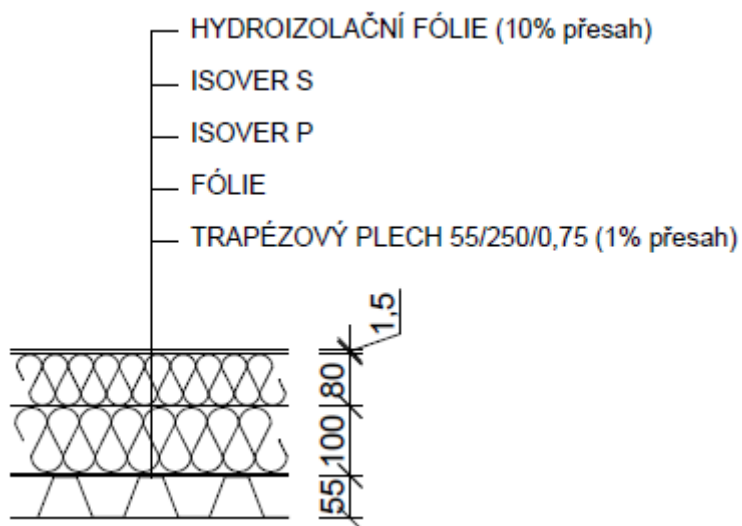
Obrázek 6.1 – Schéma půdorysu



Obrázek 6.2 – Schéma řezu

6.2 Zatížení

Zatížení stálé



Obrázek 6.3 – Skladba střešního pláště

$$g_k = 0,0015 \cdot 14 \cdot 1,10 + 0,08 \cdot 1,44 + 0,10 \cdot 1,10 + 0,010 + 1,01 \cdot 0,075 = 0,023 + 0,115 + 0,110 + 0,010 + 0,076 = 0,334 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem

$$s_k = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem

- příčný vítr

$$w_k^H = -0,352 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{J+} = +0,117 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{J-} = -0,352 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^I = -0,352 \text{ kN/m}^2$$

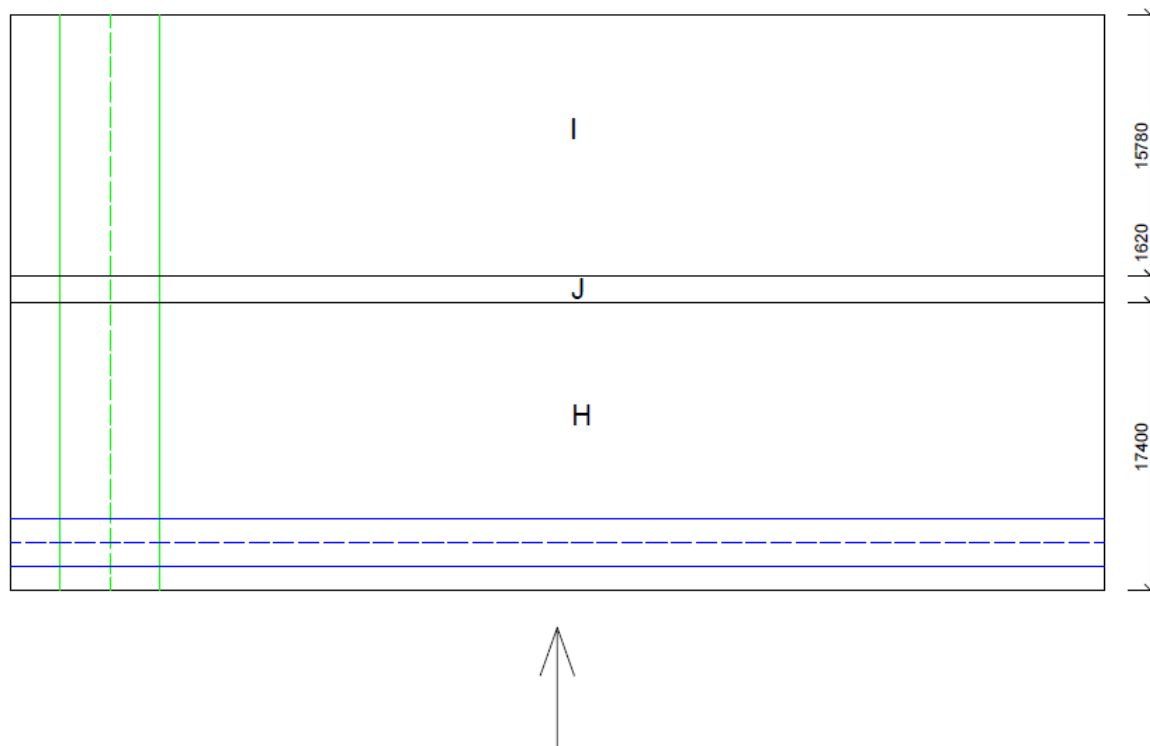
- podélný vítr

$$w_k^F = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

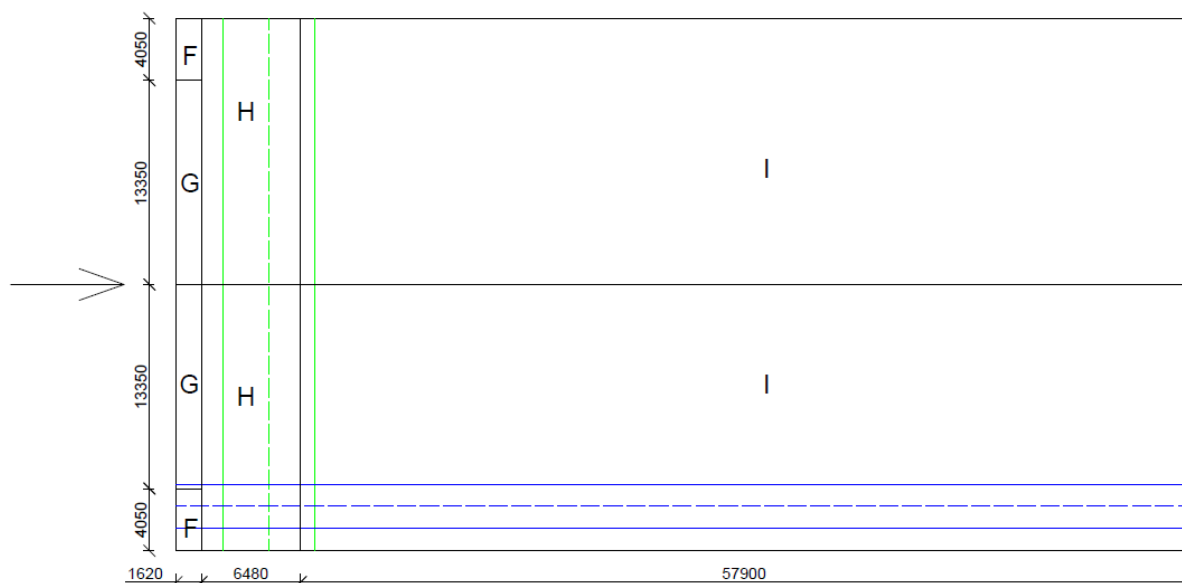
$$w_k^G = -0,704 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^H = -0,411 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^I = -0,352 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 6.4 – Příčný vítr

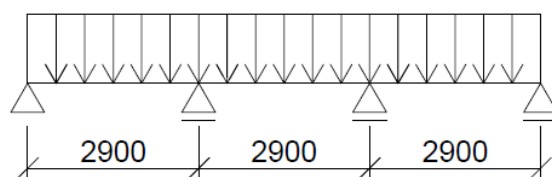


Obrázek 6.5 – Podélný vítr

6.3 Střešní plášť

Trapézový plech CB 55/250/0,75 je navržen dle tabulek firmy CB Profil, a.s. [7]. Podpory tvoří vaznice IPE s půdorysnými roztečemi 2,9 m. Vzhledem k malému sklonu střechy ($3,9^\circ$) lze zanedbat rozklad tíhových zatížení do příslušných směrů. Vzdálenost mezi podporami je také zjednodušeně uvažována 2,9 m.

Statické schéma



Obrázek 6.6 – Statické schéma střešního pláště

Únosnost podle tabulek výrobce

Pozitivní poloha (pro gravitační zatížení)

- MSÚ: $q_{Rd} = 3,030 \text{ kN/m}^2$ (pro vnitřní podpory šířky $\geq 80 \text{ mm}$, krajní podpory šířky $\geq 40 \text{ mm}$)
- MSP: $q_{Rk} = 2,110 \text{ kN/m}^2$ (dovolená deformace $L/200$)

Negativní poloha (pro zatížení větrem)

- MSÚ: $q_{Rd} = 3,070 \text{ kN/m}^2$ (pro vnitřní podpory šířky $\geq 80 \text{ mm}$, krajní podpory šířky $\geq 40 \text{ mm}$)

Zatížení

Kombinace s tíhovým zatížením

$$q_k = g_k + s_k = 0,334 + 1,6 = 1,934 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Ed} = g_k \cdot \gamma_G + s_k \cdot \gamma_Q = 0,334 \cdot 1,35 + 1,6 \cdot 1,5 = 2,851 \text{ kN/m}^2$$

Kombinace se zatížením větrem

$$q_{Ed} = 0,076 \cdot \gamma_G + w_k^F \cdot \gamma_Q = 0,076 \cdot 1,0 - 1,156 \cdot 1,5 = -1,658 \text{ kN/m}^2$$

Posouzení

Kombinace s tíhovým zatížením

- MSP: $q_k = 1,934 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rk} = 2,110 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$
- MSÚ: $q_{Ed} = 2,851 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,030 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

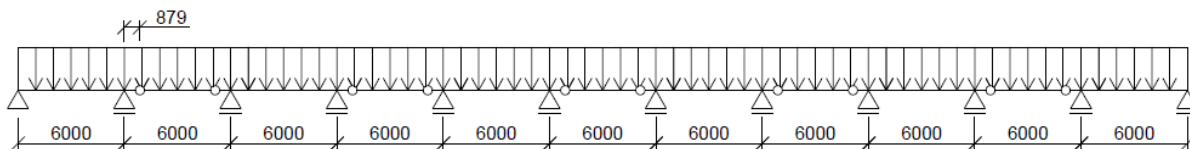
Kombinace se zatížením větrem

- MSÚ: $q_{Ed} = 1,658 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,070 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

6.3 Vaznice

Vaznice je navržena jako plnostěnná válcovaná z průřezu IPE z oceli třídy S355. Staticky působí jako Gerberův nosník. Vzhledem k malému sklonu střechy ($3,9^\circ$) je zanedbán rozklad jednotlivých zatížení do příslušných směrů. Roznášecí šířka je také zjednodušeně uvažována 2,9 m.

Statické schéma



Obrázek 6.7 – Statické schéma vaznice

Zatížení

1) Zatížení stálé

- střešní plášť: $g_k \cdot 2,9 = 0,334 \cdot 2,9 = 0,969 \text{ kN/m}$
- vlastní tíha vaznice (návrh IPE 200): $0,224 \text{ kN/m}$

$$g_{k,1} = 0,969 + 0,224 = 1,193 \text{ kN/m}$$

2) Zatížení sněhem

$$s_{k,1} = s_k \cdot 2,9 = 1,60 \cdot 2,9 = 4,640 \text{ kN/m}$$

3) Zatížení větrem

- příčný vítr:

$$w_k = w_k^H \cdot 2,9 = -0,352 \cdot 2,9 = -1,021 \text{ kN/m}$$

- podélný vítr:

$$w_k = w_k^F \cdot 2,6 + w_k^G \cdot 0,3 = -1,156 \cdot 2,6 - 0,704 \cdot 0,3 = -3,217 \text{ kN/m}$$

$$w_k = w_k^H \cdot 2,9 = -0,411 \cdot 2,9 = -1,192 \text{ kN/m}$$

$$w_k = w_k^I \cdot 2,9 = -0,352 \cdot 2,9 = -1,021 \text{ kN/m}$$

Posouzení

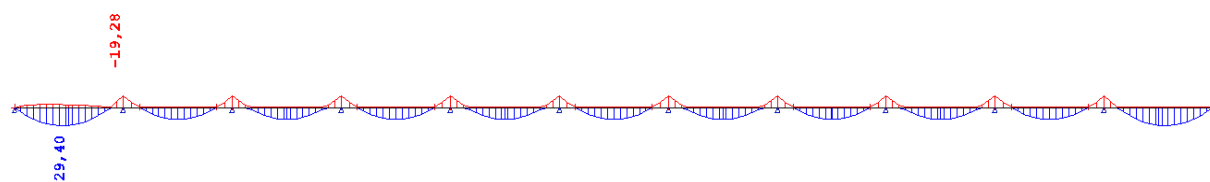
Pro posouzení vaznice je rozhodující tíhová kombinace zatížení. Maximální ohybový moment pro kombinaci zatížení působící v opačném směru je přibližně 6 krát menší (4,73 kNm), proto není provedeno posouzení na ohybovou únosnost s uvažováním příčné a torzní stability.

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.1)$$

$$M_{Rd} = 2,206 \cdot 10^{-4} \cdot 355\,000 / 1,0 = 78,31 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 29,40 \text{ kNm (obrázek 6.8)}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \Rightarrow 29,40 \text{ kNm} \leq 78,31 \text{ kNm} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$



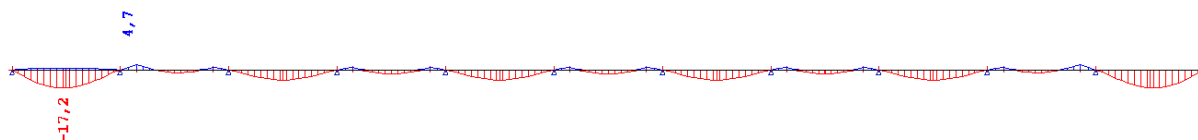
Obrázek 6.8 – Výstup z programu Scia Engineer 2008 – maximální ohybový moment na vaznici

$$w_{lim} = \frac{l_v}{250} \quad (6.2)$$

$$w_{lim} = 6000 / 250 = 24,0 \text{ mm}$$

$$w = 17,2 \text{ mm (obrázek 6.9)}$$

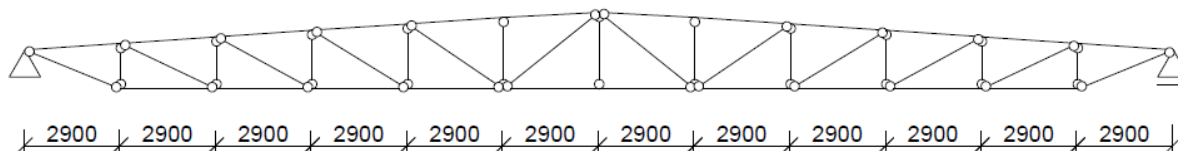
$$w \leq w_{lim} \Rightarrow 17,2 \text{ mm} \leq 24,0 \text{ mm} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$



Obrázek 6.9 - Výstup z programu Scia Engineer 2008 – maximální průhyb vaznice

6.4 Vazník

Statické schéma



Obrázek 6.10 – Statické schéma vazníku

Zatížení

Přesah střešního pláště u okapu se uvažuje 0,3 m.

1) Stálé (obrázek 6.11)

- odhad vlastní tíhy vazníku:

$$g_{k,v} = \frac{L}{76} \cdot \sqrt{[(g_{k, IPE} + g_k + s_k) \cdot l_v]} \quad (6.3)$$

$$g_{k,v} = 34,8 / 76 \cdot \sqrt{[(0,224 + 0,334 + 1,60) \cdot 6,0]} = 1,648 \text{ kN/m}$$

- síly do vnitřních uzlů vazníku

- střešní plášť: $g_{k,1} \cdot 6,0 = 1,193 \cdot 6,0 = 7,158 \text{ kN}$

- vlastní tíha vazníku: $g_{k,v} \cdot 2,9 = 1,648 \cdot 2,9 = 4,779 \text{ kN}$

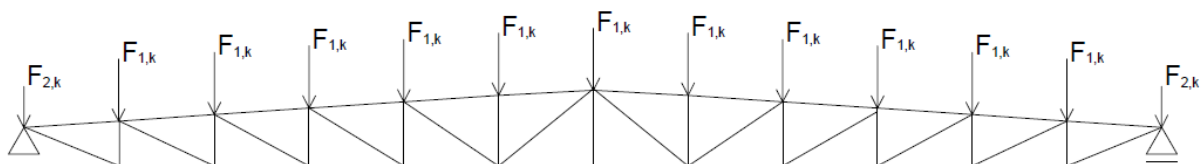
$$F_{1,k} = 7,158 + 4,779 = 11,937 \text{ kN}$$

- síly do krajních uzlů vazníku

- střešní plášť: $[g_k \cdot (2,9 / 2 + 0,3) + g_{k, IPE}] \cdot 6,0 = [0,334 \cdot (2,9 / 2 + 0,3) + 0,224] \cdot 6,0 = 4,851 \text{ kN}$

- vlastní tíha vazníku: $g_{k,v} \cdot 2,9 / 2 = 1,648 \cdot 2,9 / 2 = 2,390 \text{ kN}$

$$F_{2,k} = 4,851 + 2,390 = 7,241 \text{ kN}$$



Obrázek 6.11 – Stálé zatížení na vazník

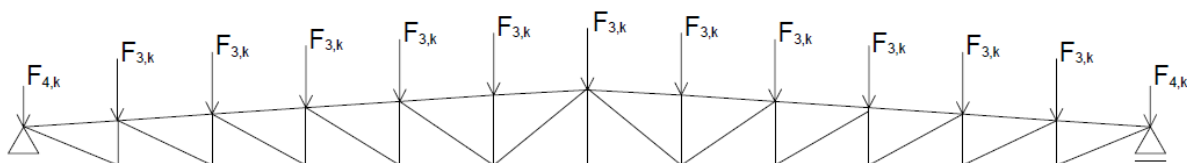
2) Sníh (obrázek 6.12)

- síly do vnitřních uzlů vazníku

$$F_{3,k} = s_k \cdot 2,9 \cdot 6,0 = 1,60 \cdot 2,9 \cdot 6,0 = 27,840 \text{ kN}$$

- síly do krajních uzlů vazníku

$$F_{4,k} = s_k \cdot (2,9 / 2 + 0,3) \cdot 6,0 = 1,60 \cdot (2,9 / 2 + 0,3) \cdot 6,0 = 16,80 \text{ kN}$$



Obrázek 6.12 – Zatížení na vazník sněhem

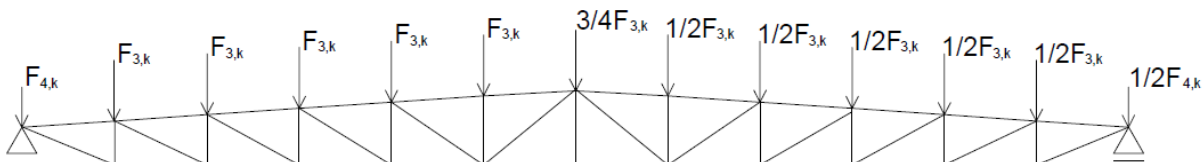
3) Sníh vlevo (obrázek 6.13)

- síly do vnitřních uzlů vazníku

$$F_{3,k} = s_k \cdot 2,9 \cdot 6,0 = 1,60 \cdot 2,9 \cdot 6,0 = 27,840 \text{ kN}$$

- síly do krajních uzlů vazníku

$$F_{4,k} = s_k \cdot (2,9 / 2 + 0,3) \cdot 6,0 = 1,60 \cdot (2,9 / 2 + 0,3) \cdot 6,0 = 16,80 \text{ kN}$$



Obrázek 6.13 – Zatížení na vazník sněhem vlevo

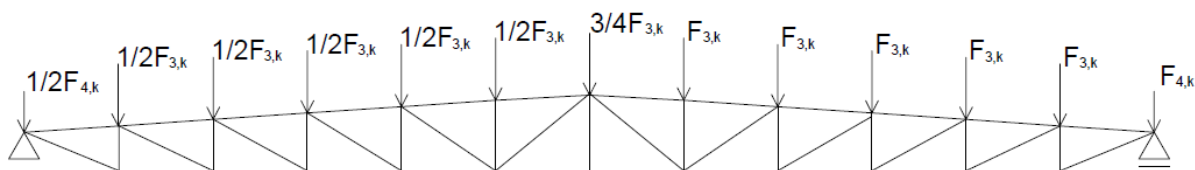
4) Sníh vpravo (obrázek 6.14)

- síly do vnitřních uzlů vazníku

$$F_{3,k} = s_k \cdot 2,9 \cdot 6,0 = 1,60 \cdot 2,9 \cdot 6,0 = 27,840 \text{ kN}$$

- síly do krajních uzlů vazníku

$$F_{4,k} = s_k \cdot (2,9 / 2 + 0,3) \cdot 6,0 = 1,60 \cdot (2,9 / 2 + 0,3) \cdot 6,0 = 16,80 \text{ kN}$$

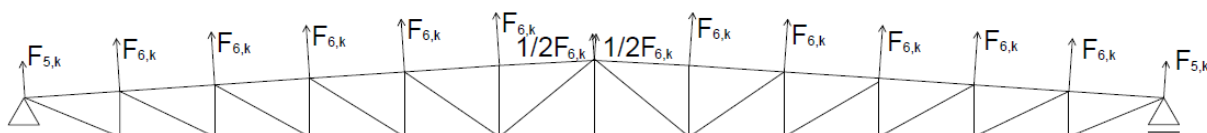


Obrázek 6.14 – Zatížení na vazník sněhem vpravo

- 5) Příčný vítr (obrázek 6.15)

$$F_{5,k} = w_k^H \cdot 6,0 \cdot 1,75 = -0,352 \cdot 6,0 \cdot 1,75 = -3,696 \text{ kN}$$

$$F_{6,k} = w_k^H \cdot 6,0 \cdot 2,9 = -0,352 \cdot 6,0 \cdot 2,9 = -6,125 \text{ kN}$$

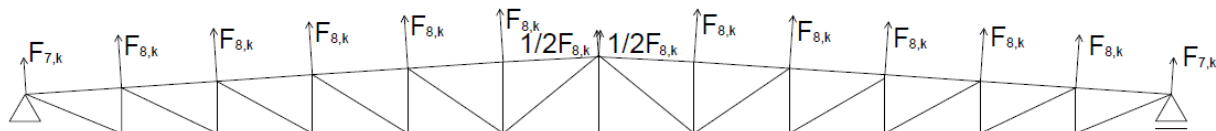


Obrázek 6.15 – Zatížení na vazník příčným větrem

- 6) Podélný vítr (obrázek 6.16)

$$F_{7,k} = w_k^H \cdot 5,1 \cdot 1,75 + w_k^I \cdot 0,9 \cdot 1,75 = -0,411 \cdot 5,1 \cdot 1,75 - 0,352 \cdot 0,9 \cdot 1,75 = -4,223 \text{ kN}$$

$$F_{8,k} = w_k^H \cdot 5,1 \cdot 2,9 + w_k^I \cdot 0,9 \cdot 2,9 = -0,411 \cdot 5,1 \cdot 2,9 - 0,352 \cdot 0,9 \cdot 2,9 = -6,997 \text{ kN}$$

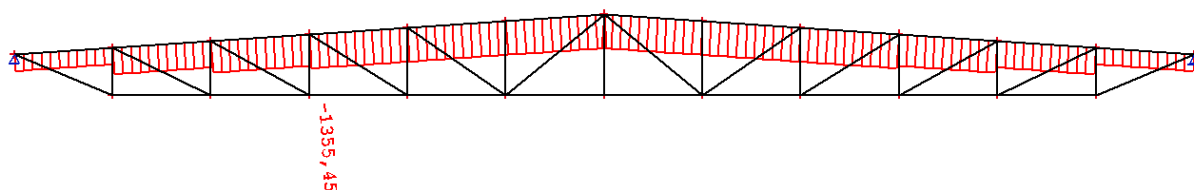


Obrázek 6.16 – Zatížení na vazník podélným větrem

Vnitřní síly

Maximální normálová síla v horním pásu vazníku je rovna $N_{Ed,1} = 1355,45 \text{ kN}$ (obrázek 6.17).

Vliv ohybových momentů se zanedbává.



Obrázek 6.17 - Výstup z programu Scia Engineer 2008 – normálové síly v horním pásu vazníku

6.5 Posouzení horního pásu vazníku na vybočení z roviny

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_z^2} \quad (6.4)$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,34 \cdot 10^{-5} / 2,9^2 = 3302,386 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} \quad (6.5)$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{(5,38 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3 / 3302,386)} = 0,760$$

$$\phi_z = 0,5 \left[1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] \quad (6.6)$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + 0,49(0,760 - 0,2) + 0,760^2] = 0,926 \dots \text{ křivka vzpěrné pevnosti „c”}$$

$$\lambda_z = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{cr,z}}} \quad (6.7)$$

$$\lambda_z = \pi \cdot \sqrt{[210 \cdot 10^6 / (3302,386 / 5,38 \cdot 10^{-3})]} = 58,108 \leq 200$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} \quad (6.8)$$

$$\chi_z = 1 / [0,926 + \sqrt{(0,926^2 - 0,760^2)}] = 0,687 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,1} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (6.9)$$

$$N_{b,Rd,1} = 0,687 \cdot 5,38 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3 / 1,0 = 1312,10 \text{ kN}$$

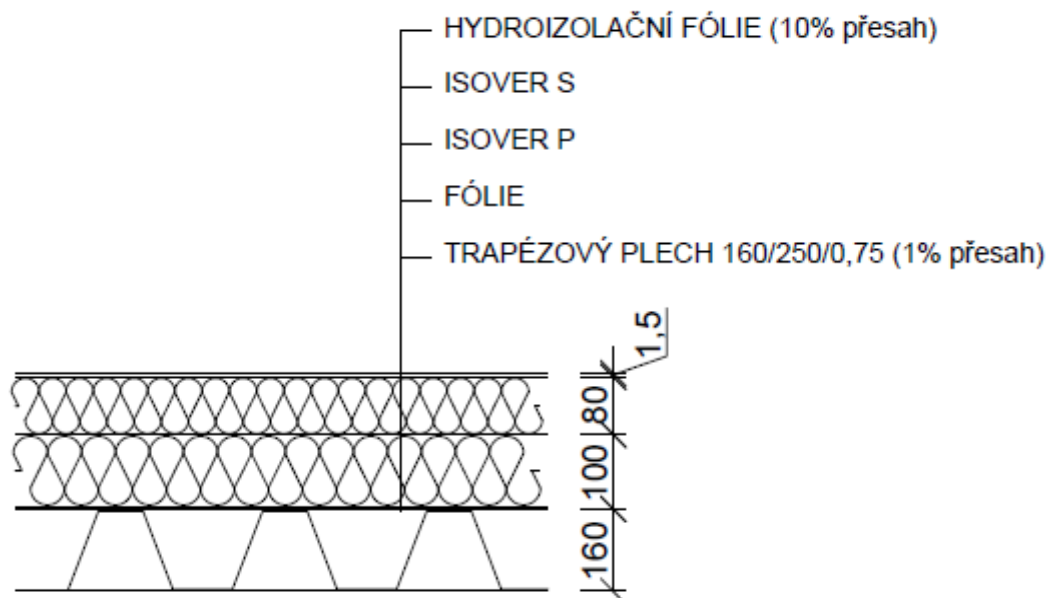
$$N_{Ed,1} \leq N_{b,Rd,1} \Rightarrow 1355,45 \text{ kN} > 1312,10 \text{ kN} \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

7 Posouzení horního pásu vazníku u bezvaznicového systému

Posouzení bude opět provedeno pro konstrukci popsanou v části 1.2. Řešené příklady v kapitole 5 ukázaly, že horní pás vazníku je dostatečně stabilizován trapézovými plechy proti vybočení z roviny. Tato kapitola se věnuje vybočení v rovině vazníku. Statický výpočet je opět proveden podle [16], zatížení je částečně přebráno z [2], jinak je zatížení určeno podle [13], [14], [15]. Kombinace zatížení jsou provedeny dle [12].

7.1 Zatížení

Zatížení stálé



Obrázek 7.1 – Skladba střešního pláště

$$g_k = 0,0015 \cdot 14 \cdot 1,10 + 0,08 \cdot 1,44 + 0,10 \cdot 1,10 + 0,010 + 1,01 \cdot 0,1178 = 0,023 + 0,115 + 0,110 + 0,010 + 0,119 = 0,377 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem

$$s_k = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem

- příčný vítr

$$w_k^H = -0,352 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{J+} = +0,117 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^{J-} = -0,352 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^I = -0,352 \text{ kN/m}^2$$

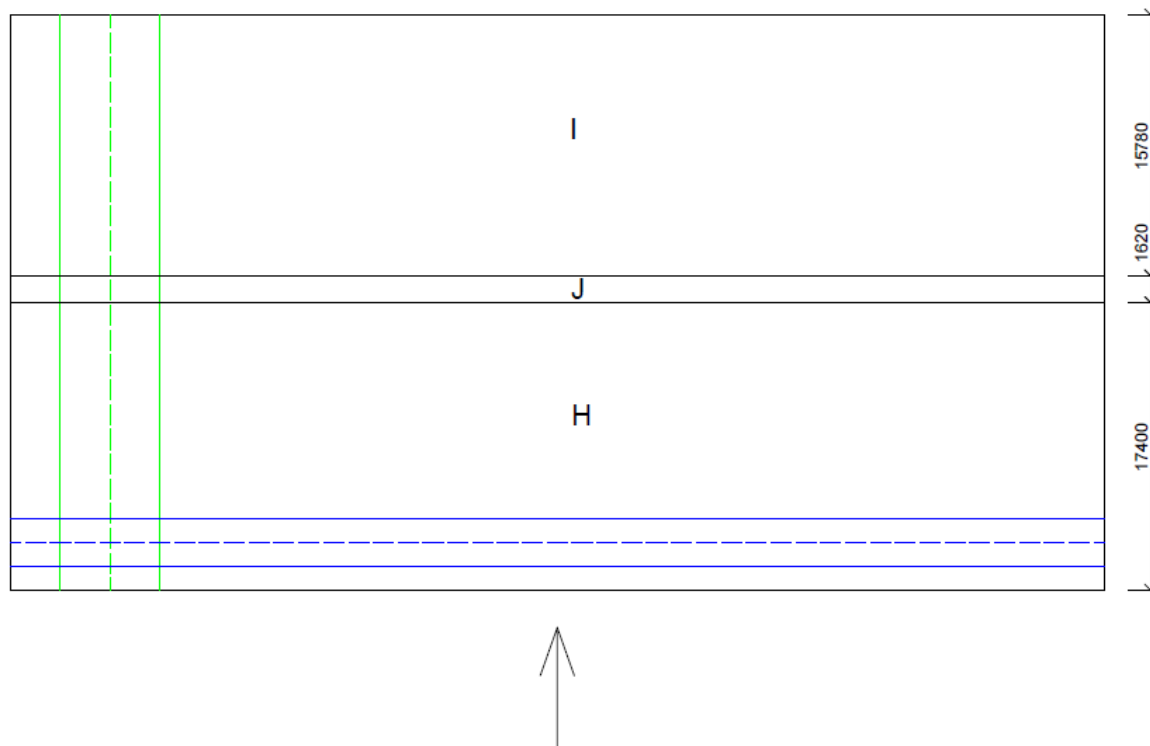
- podélný vítr

$$w_k^F = -1,156 \text{ kN/m}^2$$

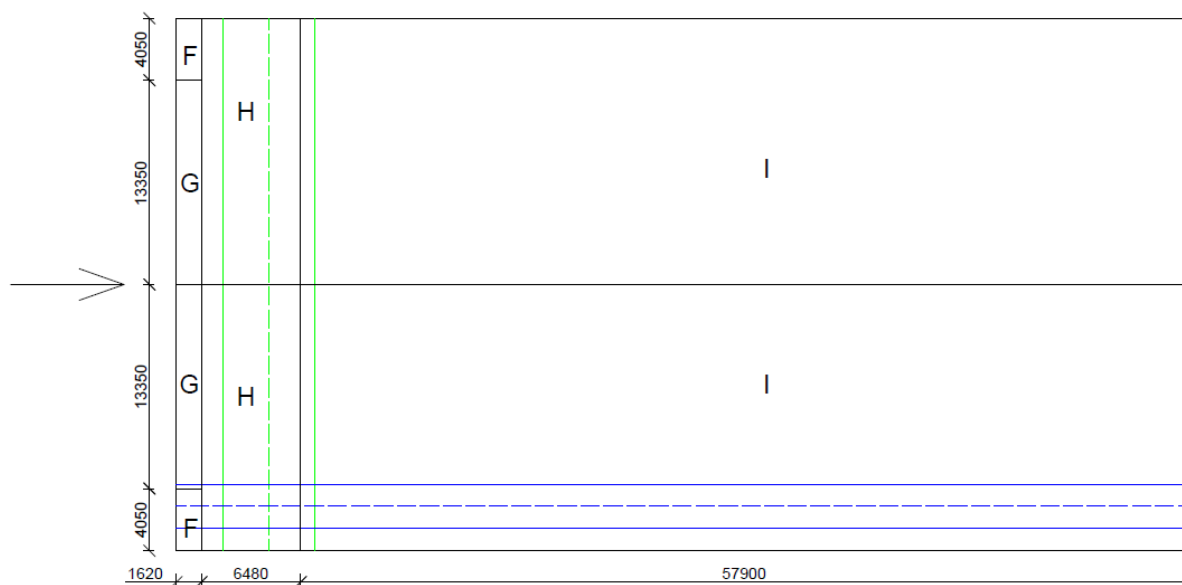
$$w_k^G = -0,704 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^H = -0,411 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k^I = -0,352 \text{ kN/m}^2$$



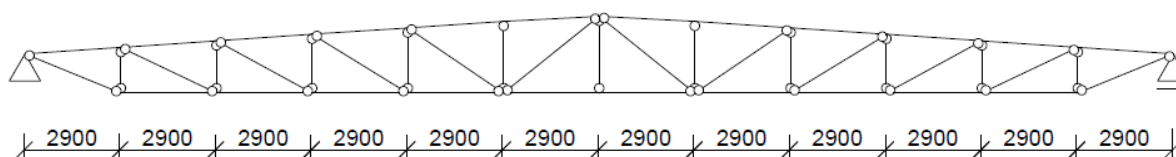
Obrázek 7.2 – Příčný vítr



Obrázek 7.3 – Podélný výt

7.2 Vazník

Statické schéma



Obrázek 7.4 – Statické schéma vazníku

Zatížení

1) Stálé (obrázek 7.5)

- odhad vlastní tíhy vazníku:

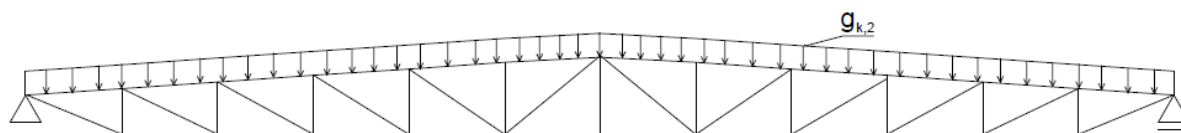
$$g_{k,v} = \frac{L}{76} \cdot \sqrt{[(g_k + s_k) \cdot l_v]} \quad (7.1)$$

$$g_{k,v} = 34,8 / 76 \cdot \sqrt{[(0,377 + 1,60) \cdot 6,0]} = 1,577 \text{ kN/m}$$

- střešní plášť:

$$g_k \cdot 6,0 = 0,377 \cdot 6,0 = 2,262 \text{ kN/m}$$

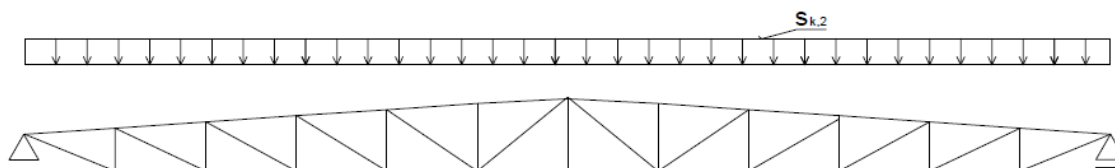
$$- g_{k,2} = 1,577 + 2,262 = 3,839 \text{ kN/m}$$



Obrázek 7.5 – Stálé zatížení na vazník

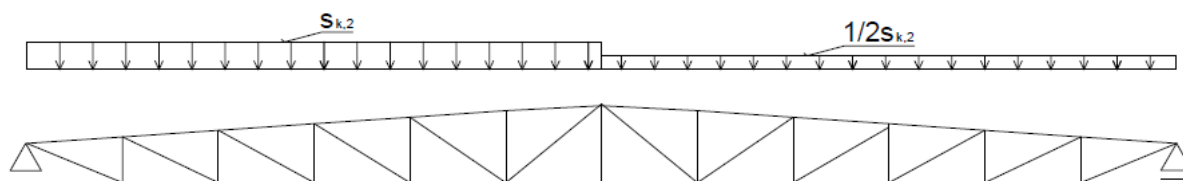
2) Sníh (obrázek 7.6)

$$-s_{k,2} = 1,60 \cdot 6,0 = 9,600 \text{ kN/m}$$



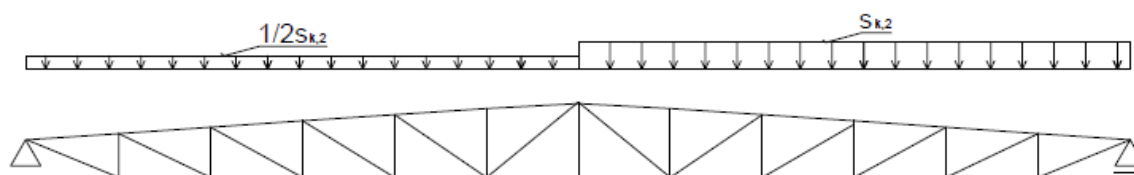
Obrázek 7.6 – Zatížení na vazník sněhem

3) Sníh vlevo (obrázek 7.7)



Obrázek 7.7 – Zatížení na vazník sněhem vlevo

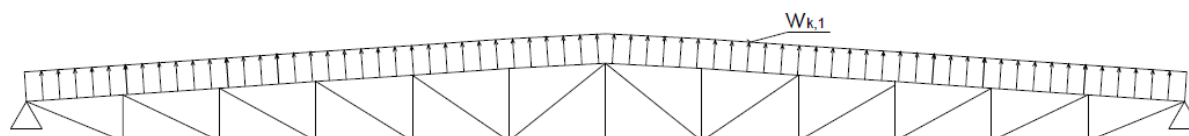
4) Sníh vpravo (obrázek 7.8)



Obrázek 7.8 – Zatížení na vazník sněhem vpravo

5) Příčný vítr (obrázek 7.9)

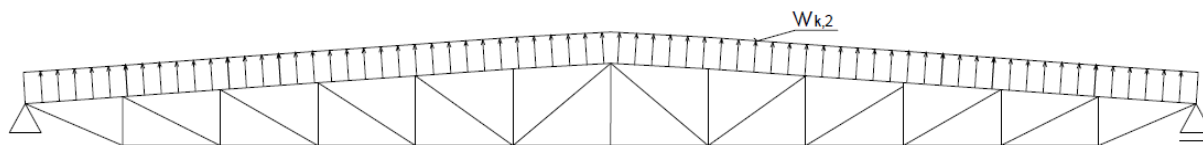
$$w_{k,1} = w_k^H \cdot 6,0 = -0,352 \cdot 6,0 = -2,112 \text{ kN/m}$$



Obrázek 7.9 – Zatížení na vazník příčným větrem

6) Podélný vítr (obrázek 7.10)

$$w_{k,2} = w_k^H \cdot 5,1 + w_k^I \cdot 0,9 = -0,411 \cdot 5,1 - 0,352 \cdot 0,9 = -2,413 \text{ kN/m}$$

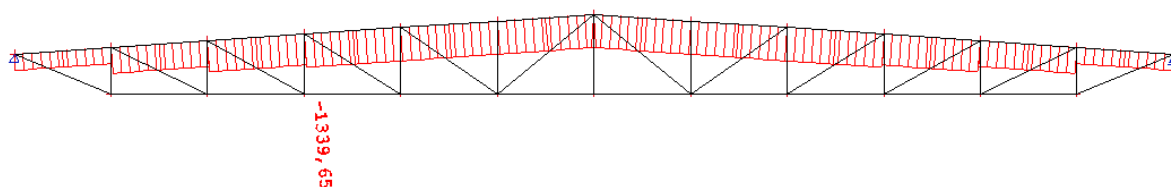


Obrázek 7.10 – Zatížení na vazník podélným větrem

Vnitřní síly

Maximální normálová síla v horním pásu vazníku je rovna $N_{Ed} = 1339,65 \text{ kN}$ (obrázek 7.11).

Vliv ohybových momentů se zanedbává.



Obrázek 7.11 - Výstup z programu Scia Engineer 2008 – normálové síly v horním pásu vazníku

7.3 Posouzení horního pásu vazníku na vybočení v rovině

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_y^2} \quad (7.2)$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 3,69 \cdot 10^{-5} / 2,9^2 = 9093,884 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} \quad (7.3)$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{(5,38 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3 / 9093,884)} = 0,458$$

$$\phi_y = 0,5 \left[1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] \quad (7.4)$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + 0,34(0,458 - 0,2) + 0,458^2] = 0,649 \dots \text{ křivka vzpěrné pevnosti „b”}$$

$$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{cr,y}}} \quad (7.5)$$

$$\lambda_y = \pi \cdot \sqrt{[210 \cdot 10^6 / (9093,884 / 5,38 \cdot 10^{-3})]} = 35,017 \leq 200$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} \quad (7.6)$$

$$\chi_y = 1 / [0,649 + \sqrt{(0,649^2 - 0,458^2)}] = 0,902 \leq 1,0$$

$$N_{b,Rd,2} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (7.7)$$

$$N_{b,Rd,2} = 0,902 \cdot 5,38 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3 / 1,0 = 1722,73 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd,2} \Rightarrow 1339,65 \text{ kN} < 1722,73 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8 Porovnání vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení

Tato kapitola pojednává o zhodnocení statického a ekonomického hlediska při porovnání vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení.

8.1 Statické hledisko

Při porovnání výsledků posouzení vybočení horního pásu vazníku z roviny, u vaznicového systému, a v rovině, u bezvaznicového systému, lze vidět, že u bezvaznicového systému nedojde k vybočení s relativně velkou rezervou, zatímco u vaznicového systému není horní pás vazníku dostatečně zabezpečen proti vybočení. Z toho vyplývá, že bezvaznicový systém je staticky výhodnější.

Další výhodou bezvaznicového systému je úspora času při jeho návrhu a posouzení, protože odpadá návrh vaznice.

8.2 Ekonomické hledisko

Z důvodu nedostatečného zabezpečení horního pásu vazníku proti vybočení z roviny u vaznicového systému, by bylo nutné navrhnout horní pás z profilu HEA 220, čímž by se zvýšila cena konstrukce oproti bezvaznicovému systému, u kterého vyhovuje profil HEA 200. Dále je provedeno porovnání hmotnosti na části zastřešení o půdorysných rozměrech 5800 x 6000 mm (vliv sklonu střechy je zanedbán). U skladby střešního pláště je rozdíl pouze v trapézovém plechu, proto se ostatní vrstvy do porovnání nezapočítávají. Hmotnost spojovacích prostředků je zanedbána.

Hmotnost části vaznicového systému

- trapézový plech CB 55/250/0,75
 - plošná hmotnost: $7,5 \text{ kg/m}^2$
 - plocha: $5800 \cdot 6000 = 3,48 \cdot 10^7 \text{ mm}^2 = 34,8 \text{ m}^2$
 - hmotnost: $7,5 \cdot 34,8 = 261,0 \text{ kg}$
- vaznice IPE 200
 - počet vaznic: 2
 - délka vaznic: $6000 \text{ mm} = 6,0 \text{ m}$
 - hmotnost na jednotku délky: $22,4 \text{ kg/m}$
 - hmotnost: $22,4 \cdot 6,0 \cdot 2 = 268,8 \text{ kg}$

Celková hmotnost: $261,0 \text{ kg} + 268,8 \text{ kg} = 529,8 \text{ kg}$

Hmotnost části bezvaznicového systému

- trapézový plech CB 160/250/0,75
 - plošná hmotnost: $12,0 \text{ kg/m}^2$
 - plocha: $5800 \cdot 6000 = 3,48 \cdot 10^7 \text{ mm}^2 = 34,8 \text{ m}^2$
 - hmotnost: $12,0 \cdot 34,8 = 417,6 \text{ kg}$

Hmotnost části vaznicového systému zastřešení je o 112,2 kg větší než u bezvaznicové části. Proto je bezvaznicový systém zastřešení výhodnější i z ekonomického hlediska.

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce je porovnání vaznicového a bezvaznicového systému zastřešení ocelových halových objektů. Parametrická studie (kapitola 6, 7, 8) ukázala, že bezvaznicový systém je výhodnější jak z hlediska statického, tak ekonomického. Pro zabezpečení horního pásu vazníku proti vybočení postačuje u bezvaznicového systému menší profil než u systému vaznicového. Bezvaznicový systém je navíc podstatně lehčí, čímž se ušetří nemalé finanční prostředky. Směrnice [1] pro návrh a posouzení bezvaznicových systémů je pouze v anglickém jazyce, což je pravděpodobně jedna z příčin, proč návrh těchto systémů zatím není v České republice běžný, další příčina může být větší náročnost při posuzování oproti systémům vaznicovým.

Pro usnadnění posuzování bezvaznicových systémů byl jako součást této bakalářské práce vytvořen program v Microsoft Office Excel 2007 a v jeho programovacím jazyce VBA. V přehledném zadávacím okně se zadá a vybere několik vstupních parametrů a po stisknutí tlačítka *VYPOČÍTEJ* se rychle provede posouzení stabilizace tlačného pásu vazníku s využitím plášťového působení. Další funkcí programu je možnost výstupu ve formě kompletního statického posudku této stabilizace. Pro snadnější užívání software obsahuje také návod. Software je jeden z mála, který se zabývá bezvaznicovým systémem zastřešení ocelových halových objektů.

Celá práce se opírala o ocelovou halu postavenou v jižních Čechách, jejíž bezvaznicový systém zastřešení se zřítil. Z výsledků řešených příkladů v kapitole 5 vyplývá, že horní pásy vazníků byly trapézovými plechy dostatečně zabezpečeny proti vybočení z roviny, a proto lze říci, že návrh bezvaznicového systému zastřešení nebyl příčinou havárie střechy.

10 Poděkování

Děkuji Ing. Vítovi Křivému, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce. Dále děkuji Ing. Miroslavu Rosmanitovi, Ph.D. za věnovaný čas při konzultaci.

11 Seznam použitých pramenů

11.1 Literatura

- [1] ECCS No. 88: *European Recommendations for the Application of Metal Sheeting acting as a Diaphragm – Stressed Skin Design*. ECCS, 1995
- [2] Kubečka K., Křivý V.: *Posouzení možných příčin havárie ocelové haly*. 18. dubna 2011
- [3] Studnička J., Macháček J., Votlučka L.: *Ocelové konstrukce 20 – Pozemní stavby*. ČVUT, 1998

11.2 Internetové zdroje

- [4] Odkaz na internetové stránky Ing. Víta Křivého, Ph.D.:
http://fast10.vsb.cz/krivy/odk_pozemaci/odk_pozemaci.html
- [5] Odkaz na internetové stránky Ing. Miroslava Rosmanita, Ph.D.:
<http://homel.vsb.cz/~ros11/Ocelove%20a%20drevene%20kce/Ocelove%20a%20drevene%20kce.html>
- [6] Odkaz na internetové stránky firmy Kovové profily, spol. s r.o.:
www.kovoveprofily.cz
- [7] Odkaz na internetové stránky firmy CB Profil, a.s.: www.cbprofil.cz
- [8] Odkaz na produktový katalog idnes.cz – TOPkontakt.cz:
<http://produkty.topkontakt.idnes.cz/p/samorezny-sroub-k-upevneni-plechu-k-ocelovym-nosnym-konstrukcim-do-12mm-oceli-podlozka/1274648/>
- [9] Odkaz na internetové stránky firmy KOŇAŘÍK:
<http://www.konarik.cz/cz/produkty/spojovaci-material-matice-podlozky/trhaci-nyt-al-st-ph/>
- [10] Odkaz na internetové stránky firmy NATURA HRADEC, s.r.o.:
<http://meridla.naturahradec.cz/93-nastrelovaci-hreby.html>
- [11] Odkaz na internetové stránky Radka Jurečka: www.rjurecek.cz

11.3 Normy

- [12] ČSN EN 1990 Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*. ČNI, 2004
- [13] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. ČNI, 2004

- [14] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. ČNI, 2005
- [15] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. ČNI, 2007
- [16] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. ČNI, 2006